特别说明

此资料来自百度文库（http://wenku.baidu.com/）

您目前所看到的文档是使用的**抱米花百度文库下载器**所生成

此文档原地址来自

http://wenku.baidu.com/view/38d4df0c844769eae009ed0d.html

感谢您的支持

抱米花

http://blog.sina.com.cn/lotusbaob

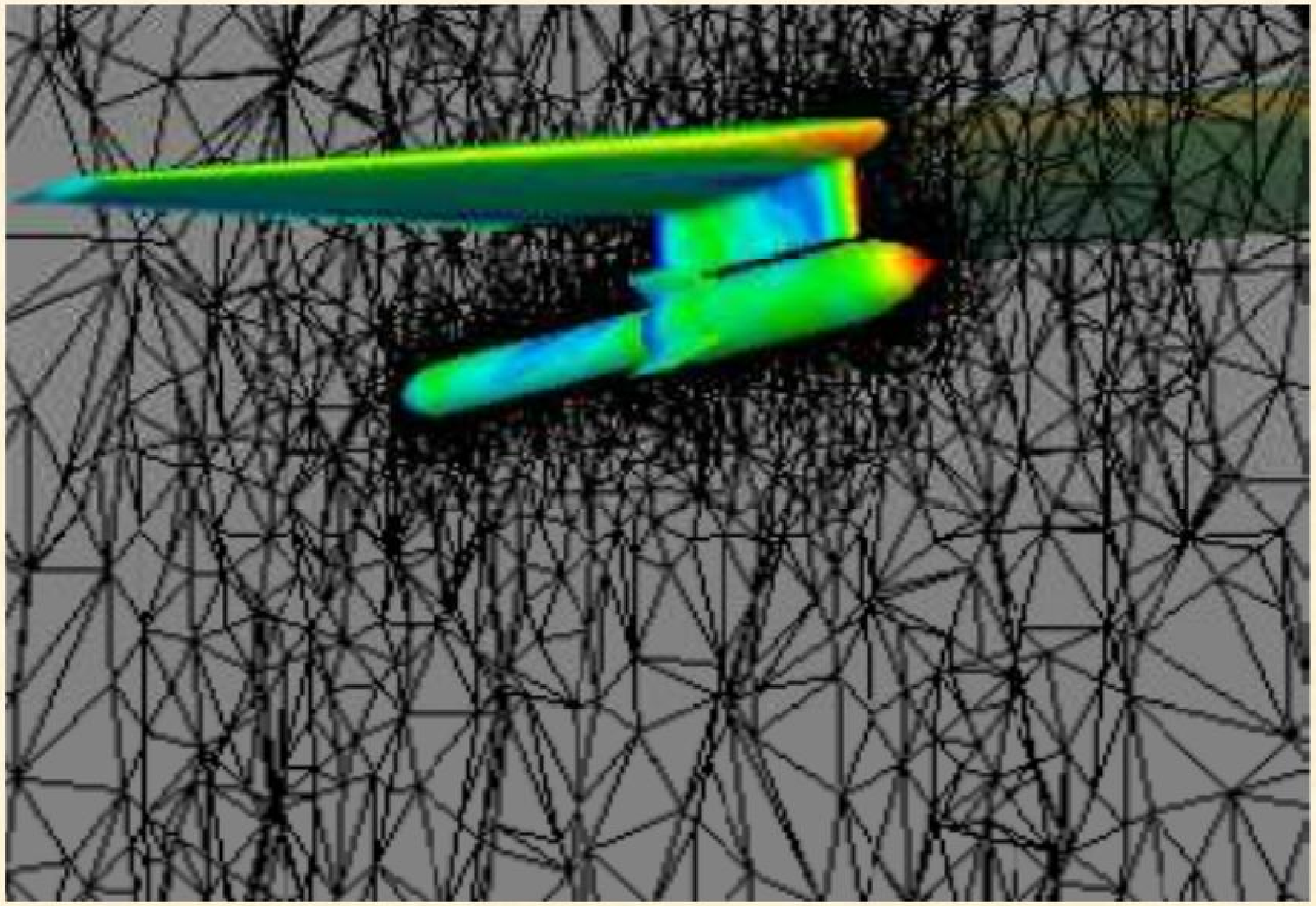
VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

欢迎各位老师同学！

中国科学院力学所研究生会

FLUENT应用技巧



张　杰

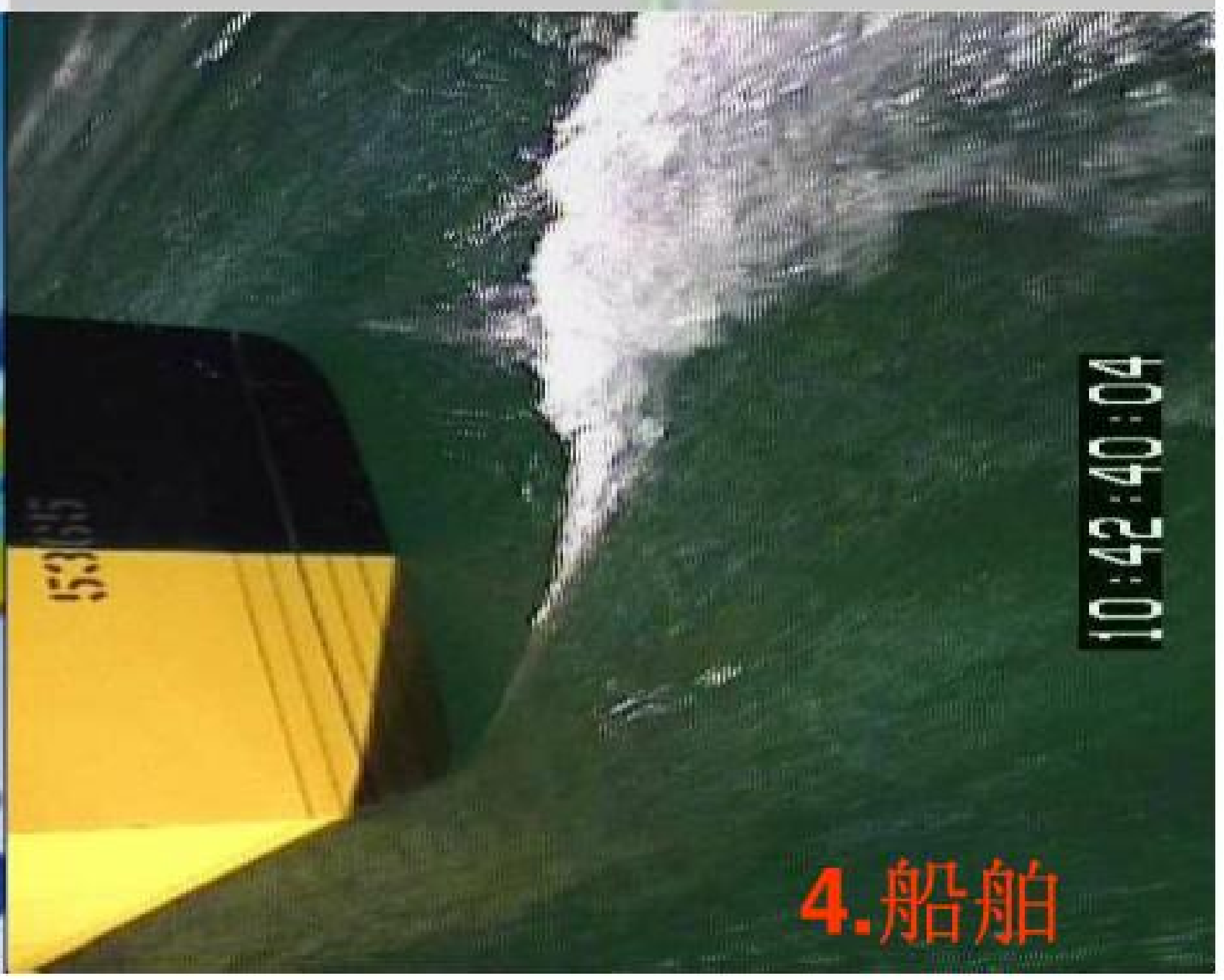
中国科学院力学研究所高温气体动力学重点实验室

2007年1月16日

一、*FLUENT应用范围*

- 航空
- 航天
- 船舶
- 化工
- 汽车
- 能源
- 生物
- 其它

FLUENT的应用范围“相当广泛”



二、FLUENT模型兼容性

体现了FLUENT的能力，也说明了其做为CFD工具的局限性

-
-
-
-

模型兼容性 →

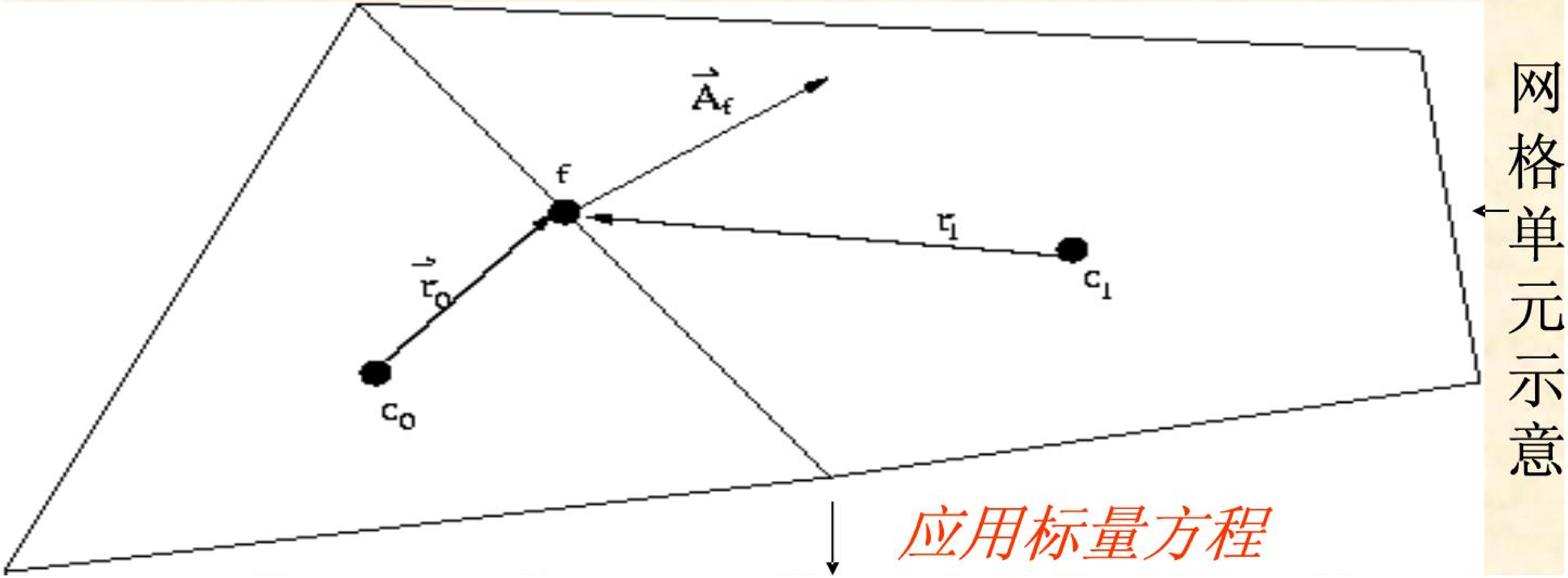
	Multiphase Models	Eulerian	VOF	Mixture	Discrete Phase	Moving Domain Models	Sliding Mesh	Mixing Plane	Dynamic Mesh	Multiple Reference Frame	Single Reference Frame	Turbulence Models	Spalart−Allmaras	k−epsilon	k−omega	Reynolds Stress	LES	Combustion Models	Laminar Finite Rate	Eddy Dissipation	Eddy Dissipation Concept	Non−Premixed	Premixed	Partially Premixed	Composition PDF Transport	NOx	Soot
Multiphase Models																											
Eulerian		–	–	–	–		y	n	y	y	y		n	y	n	y	n		y	y	n	n	n	n	n	n	n
VOF		–	–	–	–		y	n	y	y	y		y	y	y	y	n		y	y	n	n	n	n	n	n	n
Mixture		–	–	–	–		y	n	y	y	y		y	y	y	y	n		y	y	n	n	n	n	n	n	n
Discrete Phase		–	–	–	–		y	n	y	y	y		y	y	y	y	n		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Moving Domain Models																											
Sliding Mesh		y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Mixing Plane		n	n	n	n		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Dynamic Mesh		y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Multiple Reference Frame		y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Single Reference Frame		y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Turbulence Models																											
Spalart−Allmaras		n	y	y	y		y	y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	n	n	n	n	n	n	n	n
k−epsilon		y	y	y	y		y	y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y	y	y	y	y
k−omega		n	y	y	y		y	y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Reynolds Stress		y	y	y	y		y	y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y	y	y	y	y
LES		n	n	n	n		y	y	y	y	y		–	–	–	–	–		y	y	y	y	y	y	y	y	y
Combustion Models																											
Laminar Finite Rate		y	y	y	y		y	y	y	y	y		y	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
Eddy Dissipation		y	y	y	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
Eddy Dissipation Concept		n	n	n	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
Non−Premixed		n	n	n	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
Premixed		n	n	n	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
Partially Premixed		n	n	n	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
Composition PDF Transport		n	n	n	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
NOx		n	n	n	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–
Soot		n	n	n	y		y	y	y	y	y		n	y	y	y	y		–	–	–	–	–	–	–	–	–

Key: n = not compatible y = compatible

* Includes Standard, RNG, and Realizable k−epsilon models
** Includes Standard and SST k−omega models

三、FLUENT有限体积法

- 变量存储在网格单元中心点
- 网格单元的变量值相同
- 能够求解任意多面体网格
- 在空间和时间上支持二阶离散格式



三、FLUENT有限体积法

标量输运方程：

$$\int_V \frac{\partial \rho \phi}{\partial t}\, dV + \oint \rho \phi \vec{v} \cdot d\vec{A} = \oint \Gamma_\phi \nabla \phi \cdot d\vec{A} + \int_V S_\phi \, dV$$

where

ρ = density

$\vec{v}$ = velocity vector (= $u\hat{\imath} + v\hat{\jmath}$ in 2D)

$\vec{A}$ = surface area vector

Γ_ϕ = diffusion coefficient for ϕ

$\nabla\phi$ = gradient of ϕ (= $\partial\phi/\partial x)\hat{\imath} + (\partial\phi/\partial y)\hat{\jmath}$ in 2D)

S_ϕ = source of ϕ per unit volume

↓ 离散

三、FLUENT有限体积法

标量输运方程的离散：

离散

$$\frac{\partial \rho \phi}{\partial t} V + \sum_{f}^{N_{\text{faces}}} \rho_f \vec{v}_f \phi_f \cdot \vec{A}_f = \sum_{f}^{N_{\text{faces}}} \Gamma_\phi \nabla \phi_f \cdot \vec{A}_f + S_\phi V$$

where

N_{faces}	= number of faces enclosing cell
ϕ_f	= value of ϕ convected through face f
$\rho_f \vec{v}_f \cdot \vec{A}_f$	= mass flux through the face
$\vec{A}_f$	= area of face f, $\lvert A \rvert$ (= $\lvert A_x \hat{\imath} + A_y \hat{\jmath} \rvert$ in 2D)
$\nabla \phi_f$	= gradient of ϕ at face f
V	= cell volume

面上的值及其在面上梯度

三、FLUENT有限体积法

面上的变量和面上的梯度：

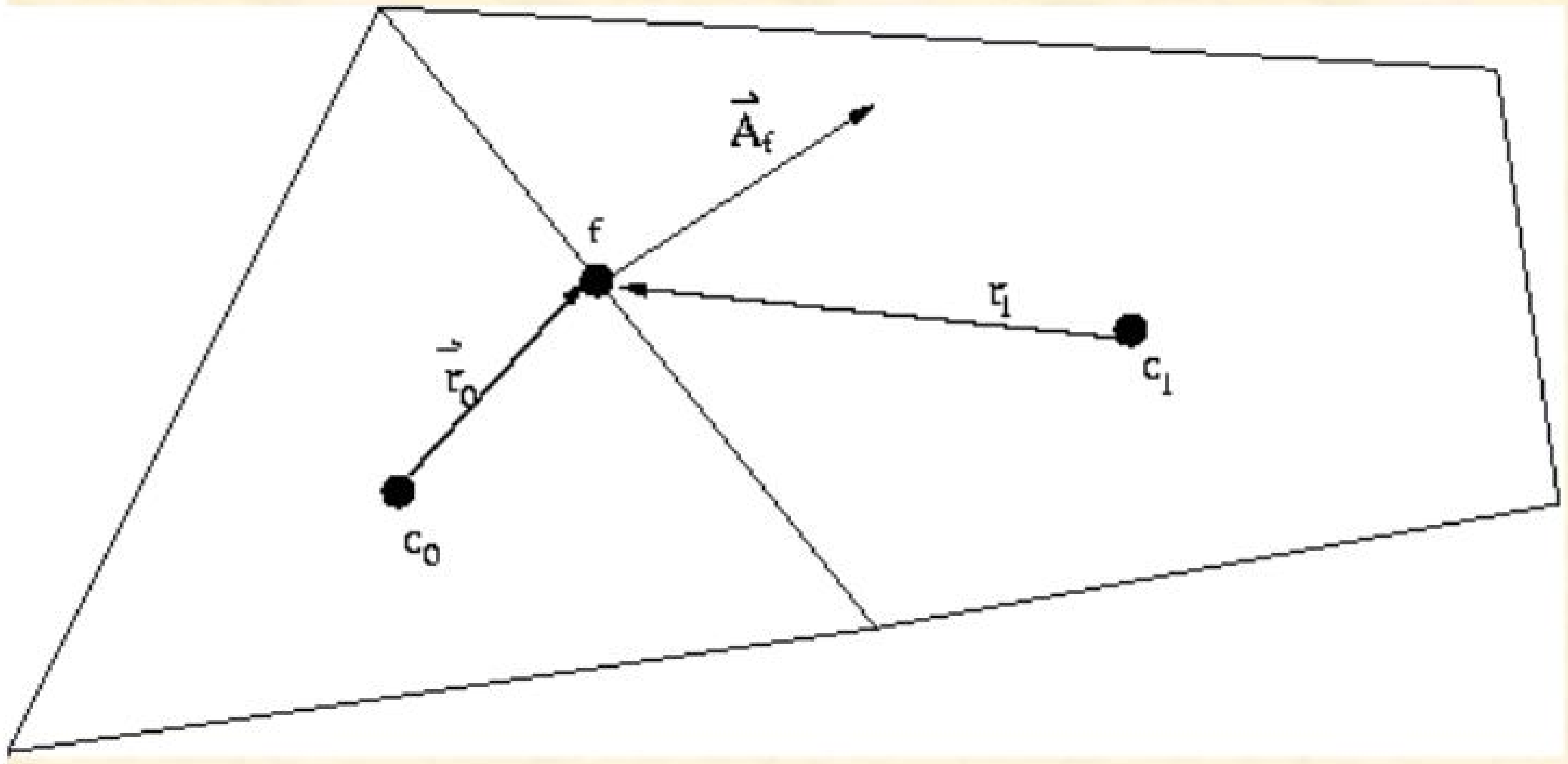
↓ *面上的值和梯度*

面上的值：

$$\phi_f = \phi_{c0} + \vec{r}_0 \left(grad\phi \right)_{c0}$$

面上的梯度：

$$\left(grad\phi \right)_f = 0.5 * \left(\left(grad\phi \right)_{c0} + \left(grad\phi \right)_{c1} \right)$$



↓ *单元中心的梯度*

三、 *FLUENT有限体积法*

单元中心的梯度：　　　　　*梯度的计算*

- **GREEN-GAUSS CELL BASED METHOD**
- **GREEN-GAUSS NODE BASED METHOD**
- **LEAST SQUARES CELL BASED METHOD**（新）

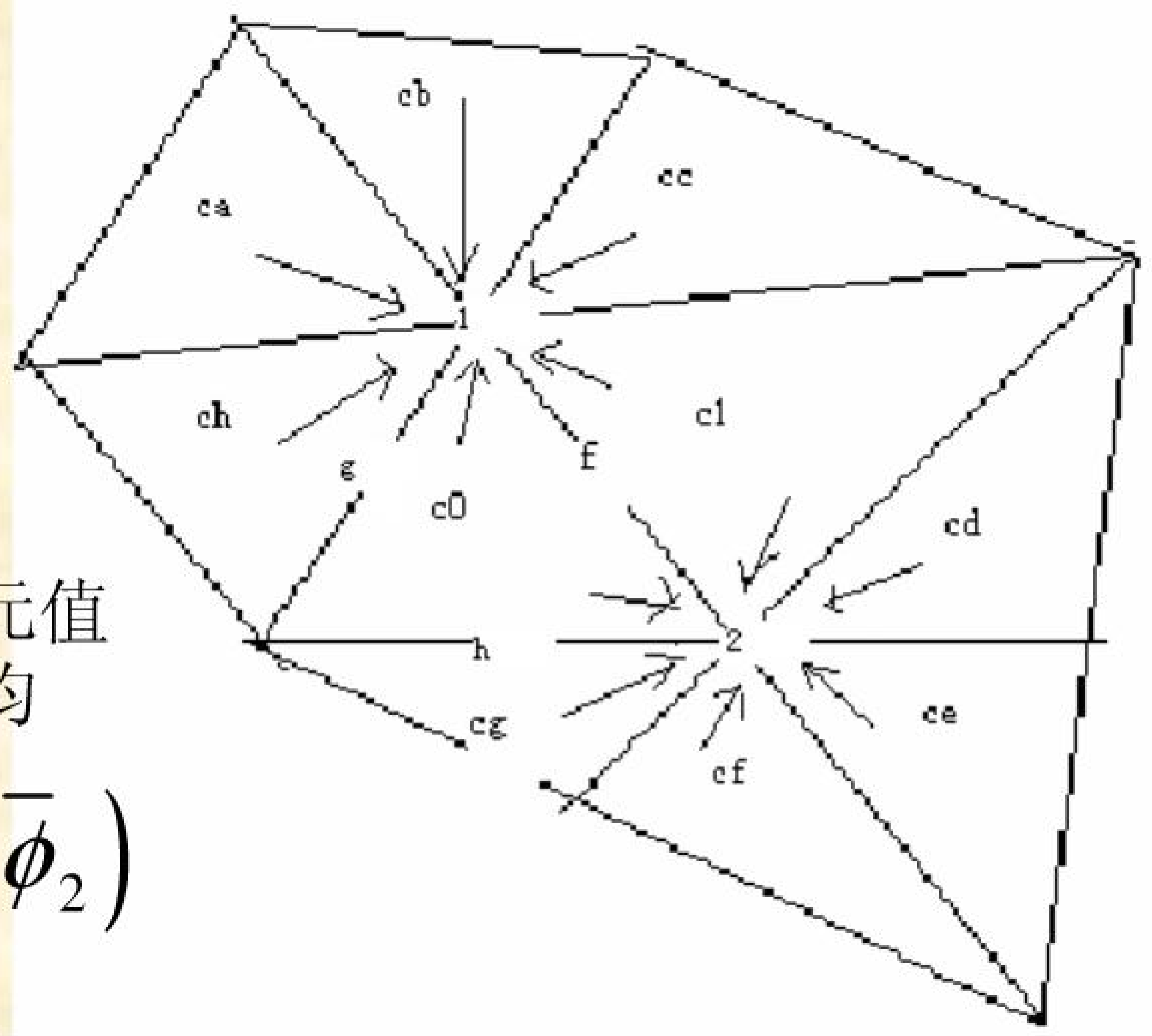
Node base和**Cell base**的区别

$$(\nabla\phi)_{c0} = \frac{1}{v}\sum_F \overline{\phi}_F \vec{A}_F = \frac{1}{v}\left(\overline{\phi}_f \vec{A}_f + \overline{\phi}_g \vec{A}_g + \overline{\phi}_h \vec{A}_h\right)$$

Cell base： $\overline{\phi}_f = \frac{\phi_{c0} + \phi_{c1}}{2}$

其周围单元值的加权平均

Node base： $\overline{\phi}_f = \frac{1}{N_f}\sum_{n=1}^{N_f} \overline{\phi}_n = \frac{1}{2}\left(\overline{\phi}_1 + \overline{\phi}_2\right)$



四、FLUENT网格质量评估

FLUENT中的网格质量评价办法：

- **Equiangle skew** → *最重要的指标*
- **Growth rate**
- **Aspect ratio**

重要的指标（Equiangle skew、Growth rate、Aspect ratio）

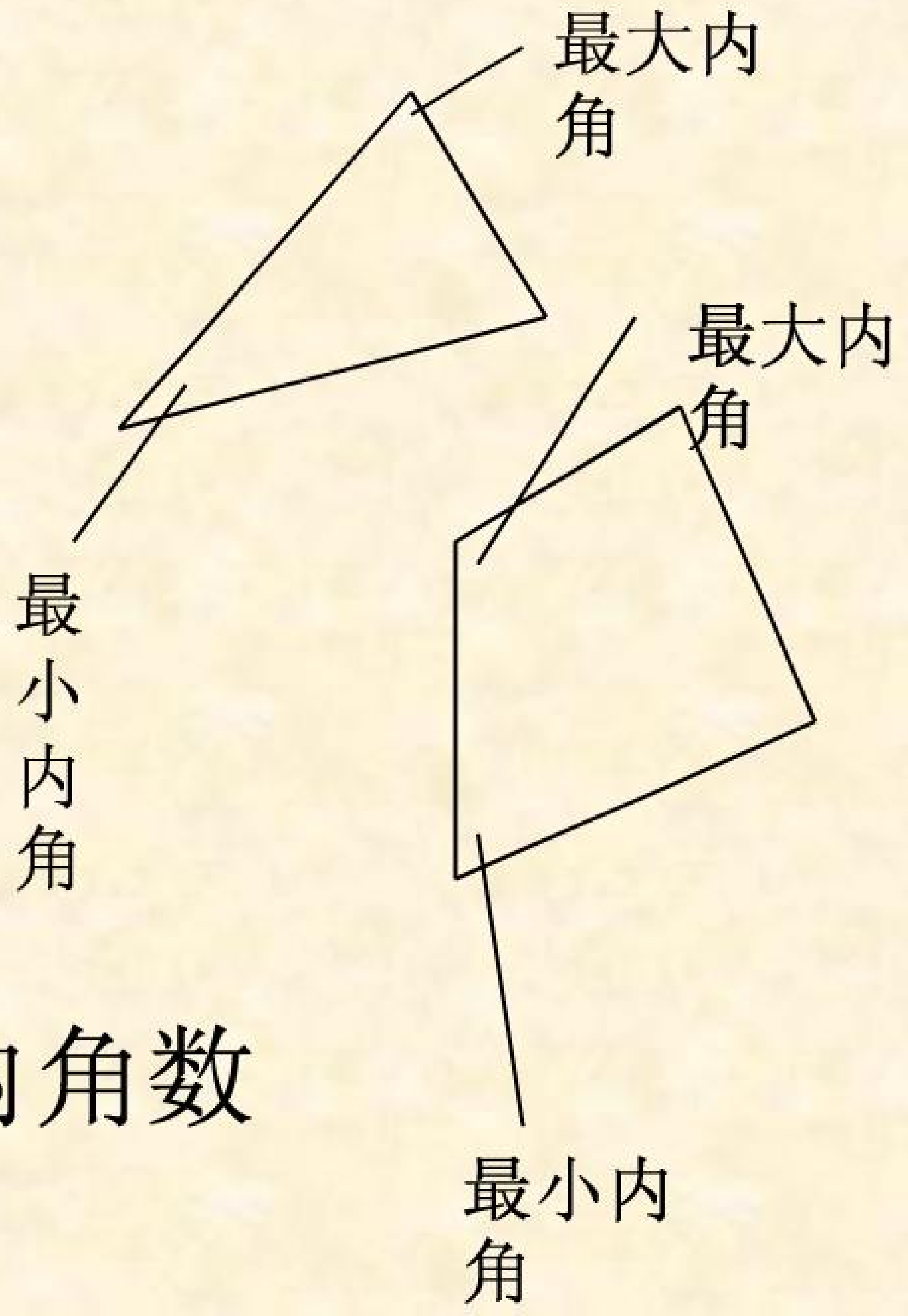
- **Diagonal ratio**
- **Equisize ratio**
- **Stretch**
- **Squish**
- **Alignment with the flow**

详细内容可参照崔凯博士的报告“网格对**CFD**求解精度的影响”

四、FLUENT网格质量评估

等角斜度的定义：

$$Q_{eas} = \max\left[\frac{\theta_{\max} - \theta_e}{180 - \theta_e}, \frac{\theta_e - \theta_{\min}}{\theta_e}\right]$$



$\theta_{\max}$ 最大内角

$\theta_{\min}$ 最小内角

θ_e 平均内角＝内角和/内角数

为**0**，网格正交，最好

为**1**，网格被压扁，最差

大于**0.9**，计算很困难，计算开始，先对其进行检验。

五、*FLUENT*文件操作

1.并行版本的启动：

DOS命令窗口下： **FLUENT 2D(3D 2DDP 3DDP) –TN**，也可以用**LAUCHER**程序启动

网络并行：**FLUENT 2D(3D 2DDP 3DDP) –PNET -TN**

2.输入输出接口：

和**TECPLOT** 、**CEIENSIGHT**等软件输入输出

3.自动保存功能：

不仅非定常计算用，定常计算也要用，防止计算结果丢失，*只要设置新保存的数据覆盖以前的数据即可*

六、*FLUENT网格操作*

1.网格检查：

GRID->CHECK

2.用**SCALE**把模型转换换到合适的大小：

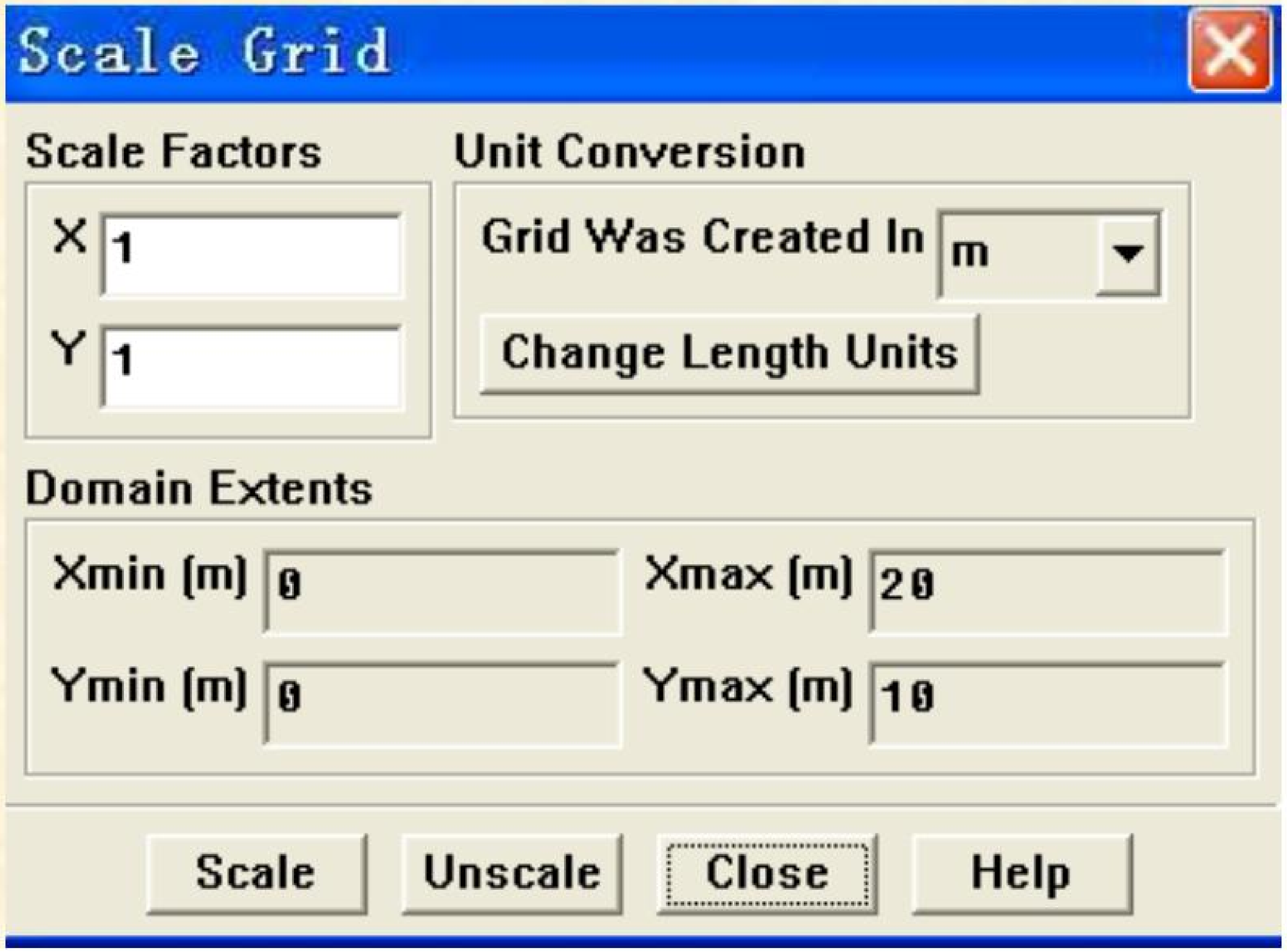
GRID->SCALE

3.自定义单位：

GRID->UNIT

!UDF总是国际单位

单位转换菜单 →



七、FLUENT网格自适应

自适应的功能在计算的过程中，动态改善网格分布和质量。

巧用：在计算开始的时候检查网格的质量。

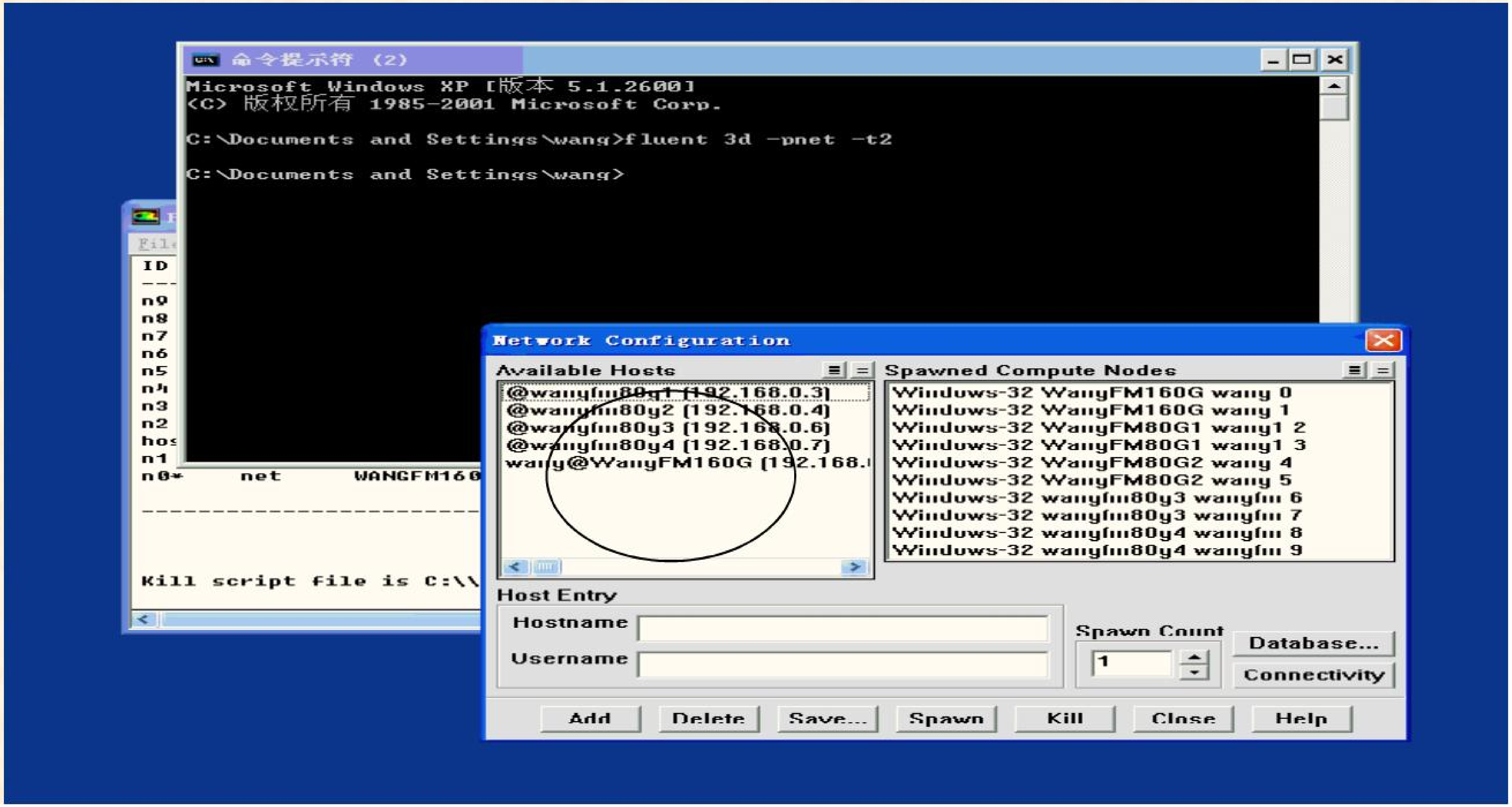
ADAPT->ISO-VALUE->GRID, CELL EQUIANGLE SKEW,COMPUTER

←网格质量检查

八、*FLUENT并行计算*

并行计算可以在较短的时间解决较大的题目，并行计算的时代已经全面到来了。应用技巧：在**WINDOWS**下基于**TCP/IP** 网络实现普通微机间的并行计算

并行计算



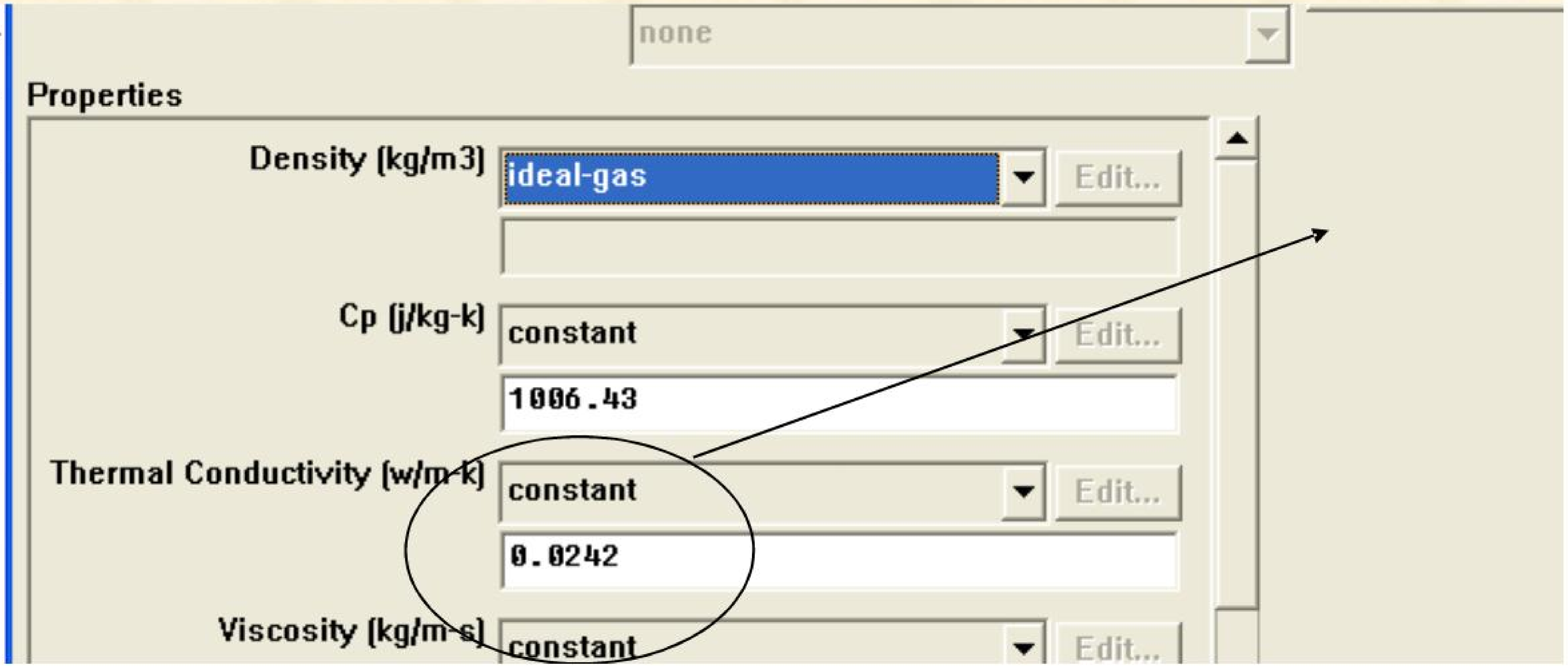
九、 ***FLUENT***参数设置

1.正确的理解物理问题，给出正确的边界条件和计算区域

2.正确的模型参数和物性参数**……**

商用软件的使用没有降低对流体基本知识的掌握，只是自己不用离散方程了，数学上的要求降低了。

材料属性 →



九、*FLUENT*参数设置

$$k = 1.993 \times 10^{-3} \frac{T^{1.5}}{T + 112} \longrightarrow$$

从任何空气动力学书上均可查到！

UDF定义物性：

```
/*************************************************************************
UDF for specifying a temperature-dependent thermal conduct property
*************************************************************************/
#include "udf.h"
#include "math.h"
DEFINE_PROPERTY(thermalcon, cell, thread)
{
real k;
real temp = C_T(cell, thread);

k=1.993*0.001*sqrt(temp*temp*temp)/(temp+112);

return k;
}
```

十、 *FLUENT UDF*

通过大量的宏定义来实现用户和**SOLVER**中数据的交互的一种方法，来增强**FLUENT**的功能及模型的应用范围。

1.定义自己的UDF宏

除了内部给定的宏，添加自己的宏，实现完全自主的宏。

举例说明：

定义**DEFINE_AAA**宏

根据不同的情况，返回一个实数

首先，在**UDF.H**中，加入如下两个语句：

1）UDF_TYPE_AAA
**2）#define DEFINE_AAA(name) **
real name()

然后，就可以应用 **DEFINE_AAA**宏了。

十、 *FLUENT UDF*

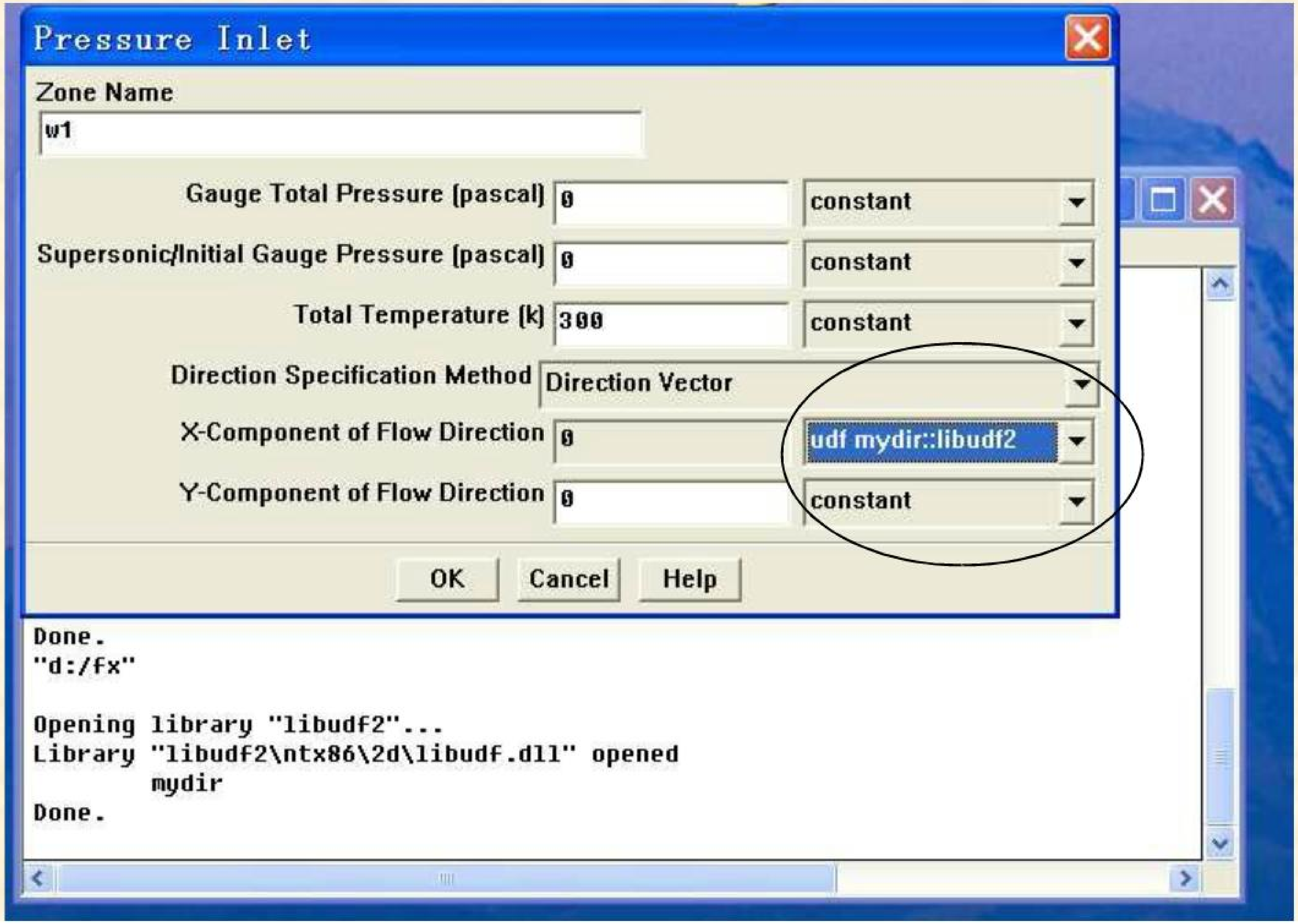
DEFINE_AAA宏应用举例：UDF程序

```
/*************************************************************************
My add UDF for return a real,which is a demon only
*************************************************************************/
#include "udf.h"
DEFINE_AAA(mydir)
{
real current_time;
real a;
current_time = RP_Get_Real("flow-time");
if(current_time >= 1.0)
{
  a= 1;
}
else
{
  a= -1;
}
printf("\n a = %d \n",a);
return a;
}
```

十、 *FLUENT UDF*

DEFINE_AAA宏应用举例：
编译后的连接和应用

边界菜单→



十、FLUENT UDF

2.宏的本质

通过内部的层层宏替换，来使用户接触到内部数据。

.H头文件可见，.C文件不可见，有些内部处理就看不见了！

C_T(c,t)，返回 thread t 对应的 cell c 的单元的温度，它是如何从内部获得值的呢。

我看是这样的，在文件中找。

```
#define C_T(c,t)C_STORAGE_R(c,t,SV_T)
—》
#define C_STORAGE_R(c,t,n)(T_STORAGE_R(t,n)[c])
—》
#define T_STORAGE_R(t,sv)T_STORAGE(t,sv,real *)
—》
#define T_STORAGE(t,n,type)((type)THREAD_STORAGE(t,n))
—》
# define THREAD_STORAGE(t,nv)((t)->storage[nv])
—》
   void *storage[SV_MAX];
—》
typedef enum
{
   SV_NULL = -1,
#define SV_MIN ((Svar)(SV_NULL+1))

   SV_COUPLED_SOLUTION_VAR(P),
   SV_MASS_IMBALANCE, /* mass imbalance in the cell *after* pressure correction */
   SV_S_MASS_USER,
   SV_CVD_MASS,
   SV_MASS_SOURCE,……
……
SV_AC_POSTPROC_M4,
   SV_AC_POSTPROC_M5,
   SV_MAX
} Svar;
```

代表所有的变量。

仅仅一个小的宏，内部通过这样复杂的宏变化使用户可以通过简单的宏，调用求解器的内部数据，进行 UDF 程序的编写。

大部分的都是宏的替换，非常重要的是：

```
void *storage[SV_MAX];
```

它如何通过其来从内部获得数据的。

.C 文件被隐藏了不可见。

只给出文件中函数的原型，这样我们就很难搞清楚其内部的细节了。

十一、 *FLUENT UDS*

感谢清洁能源网友提供的精彩演示，详细内容请上网查找

$$-\nabla^2\phi = -\sin(\phi)$$ → 源项和扩散项

$$\nabla\bullet(\Gamma\nabla\phi)$$ → 扩散系数**1**

1.准备工作

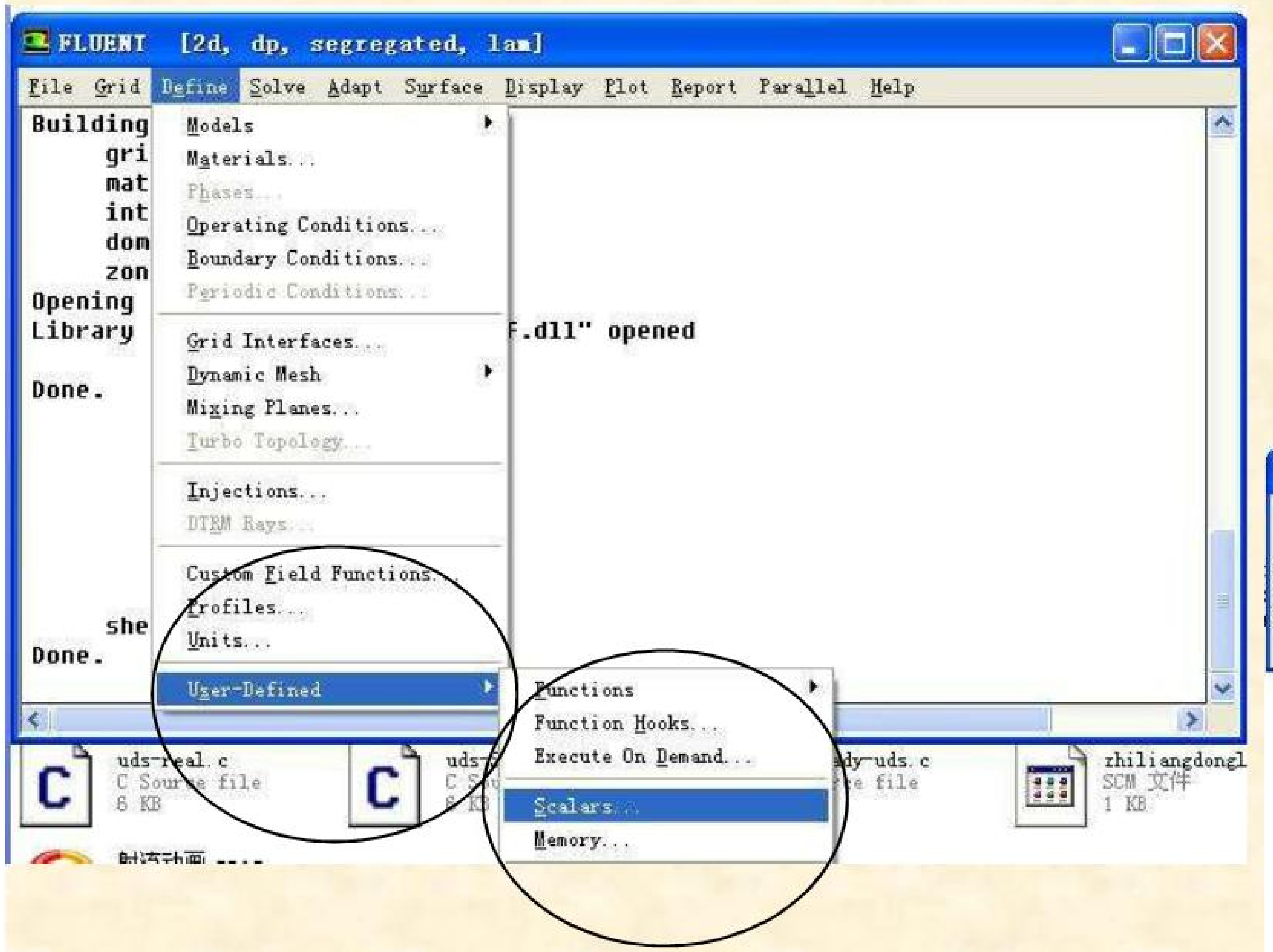
```
#include "udf.h"
DEFINE_SOURCE(uds_source, c, t, dS, eqn)
{



  real x[ND_ND];
  real source;
  C_CENTROID(x, c, t);
  source=-sin(C_UDSI(c, t, 0));
  dS[eqn]=-cos(C_UDSI(c, t, 0));
  return  source;
}
```

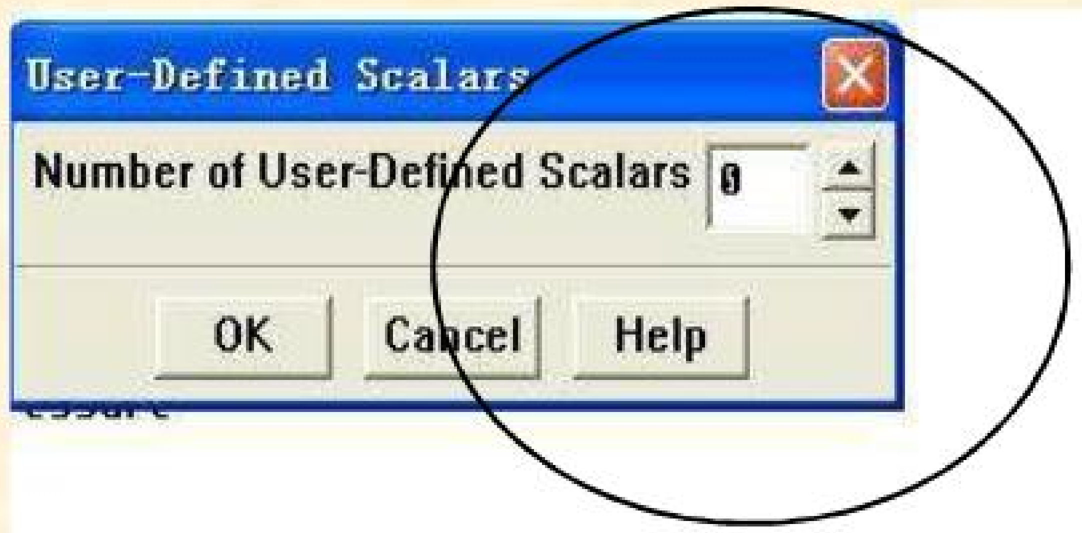
← 源项的**UDF**

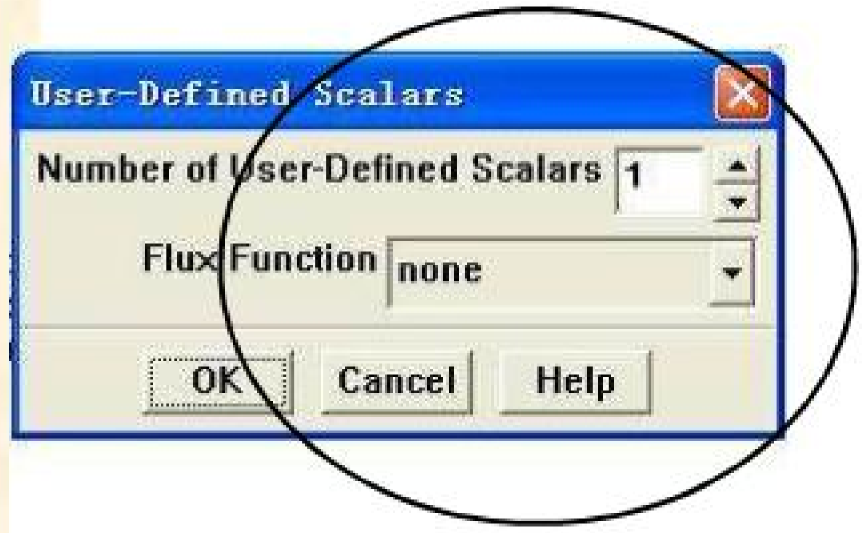
十一、*FLUENT UDS*

2.设置UDS

打开UDS菜单



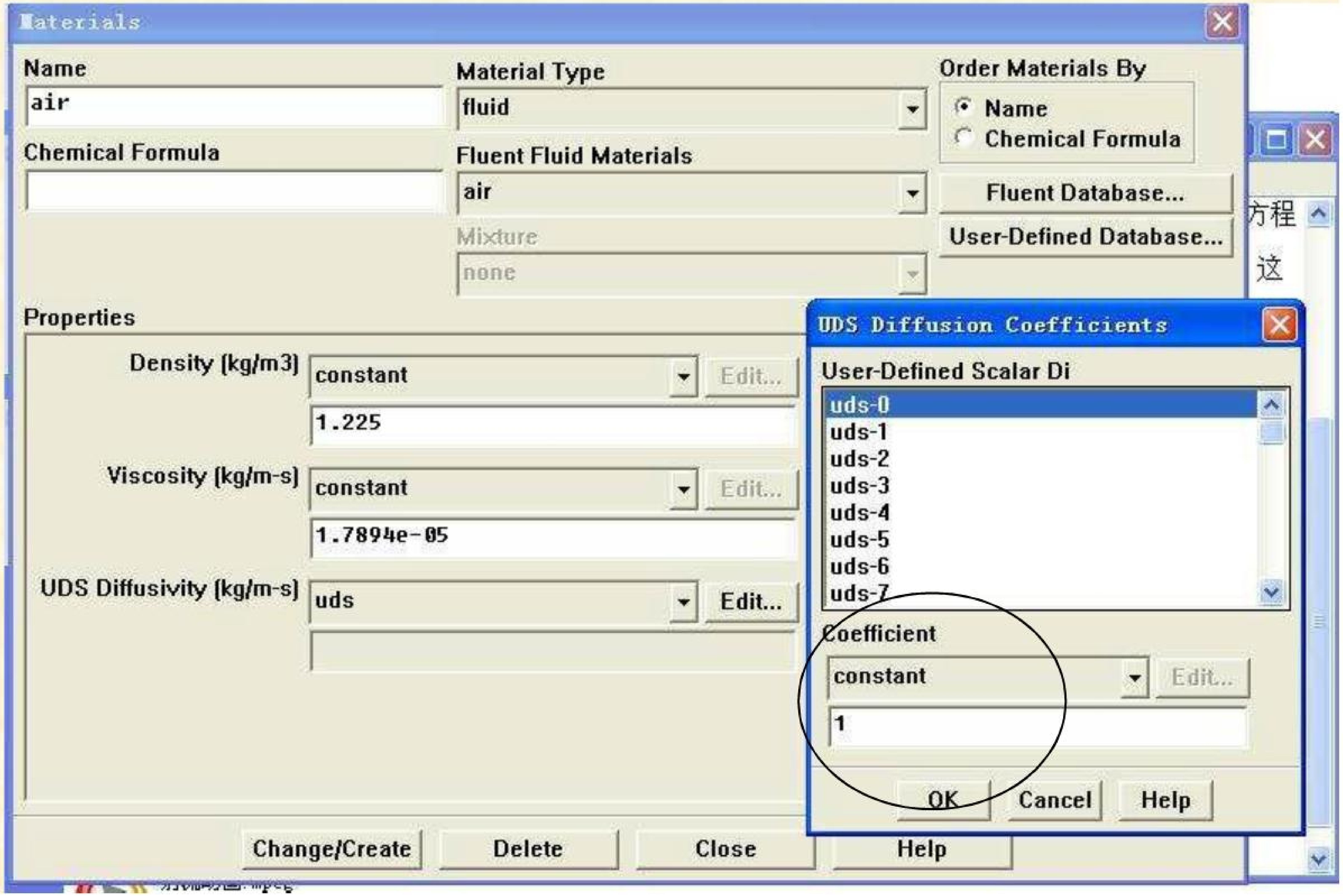




十一、*FLUENT UDS*

2.设置UDS

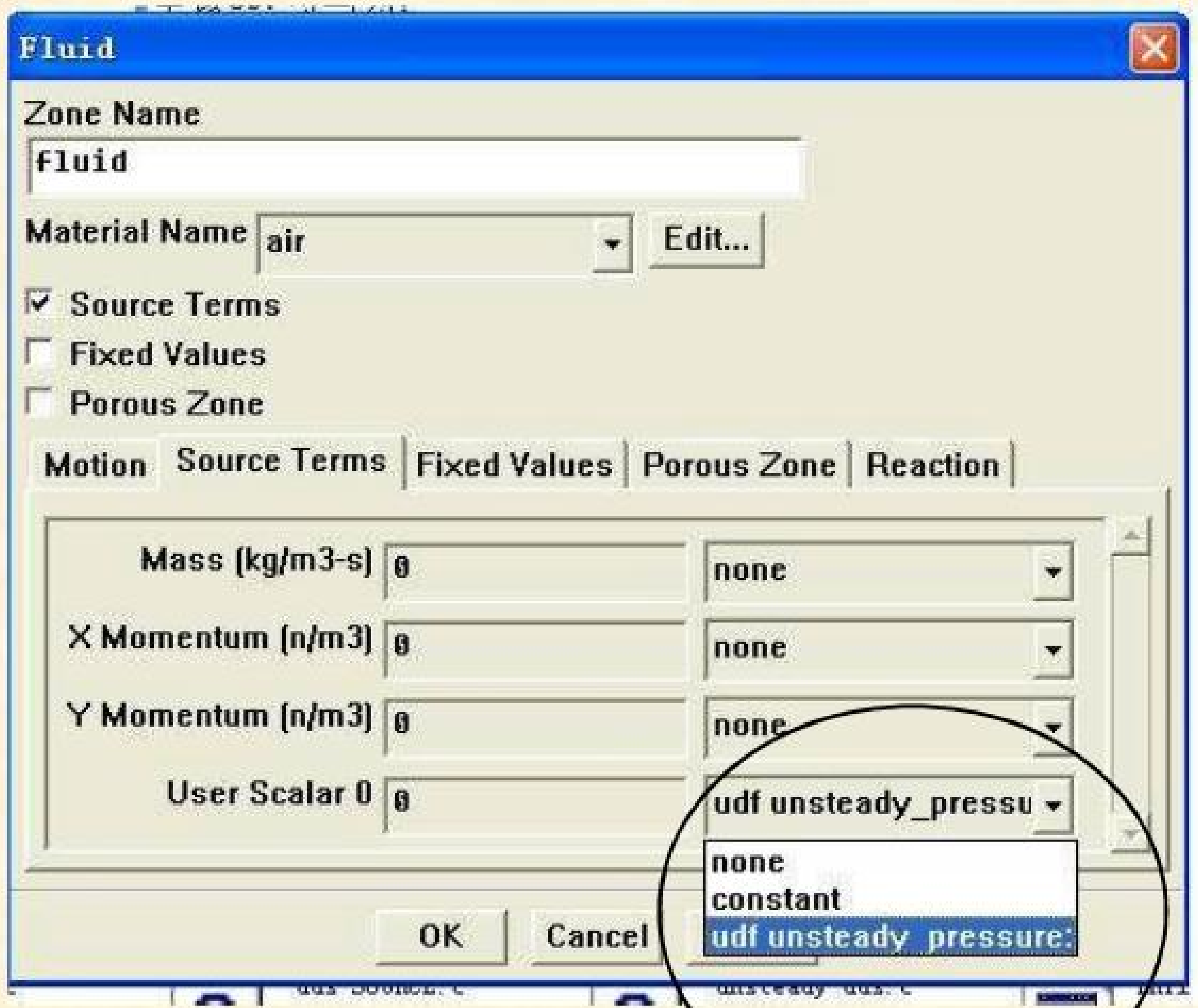
UDS扩散系数 →



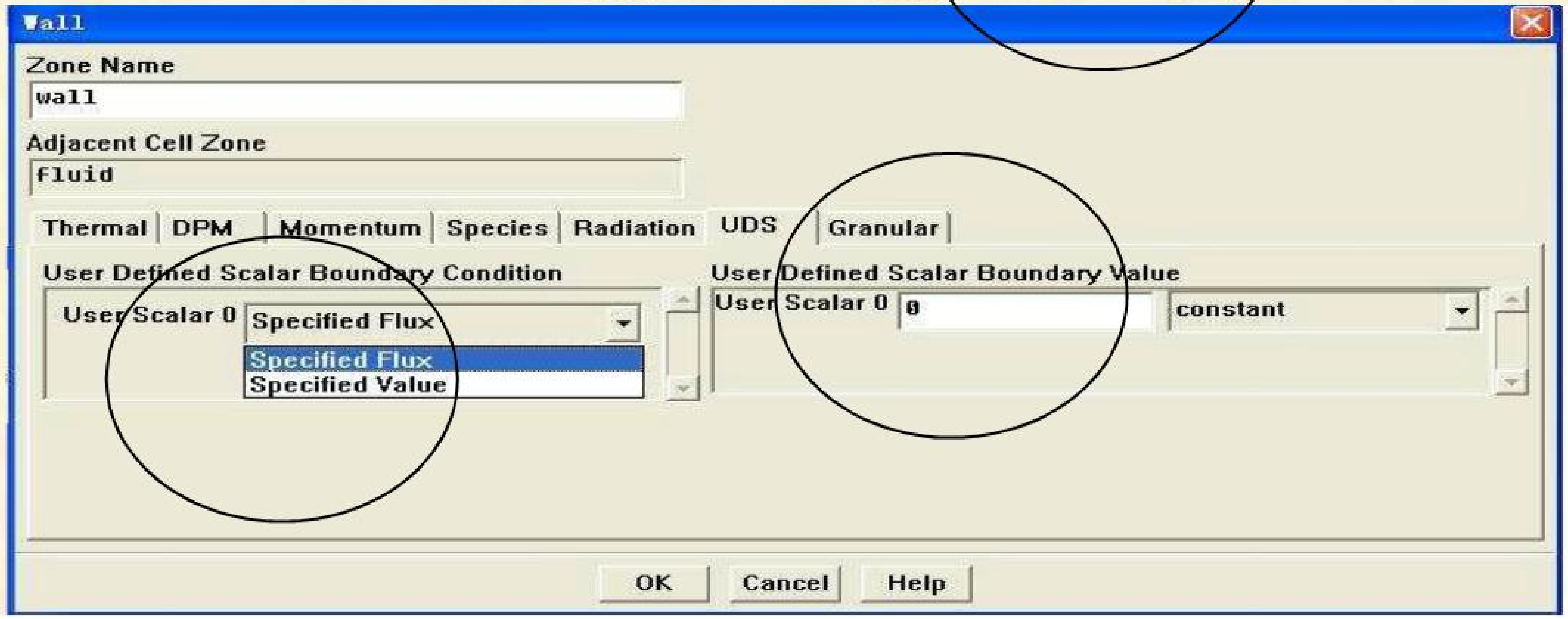
十一、 *FLUENT UDS*

3.UDS边界条件设定

UDS源项——→

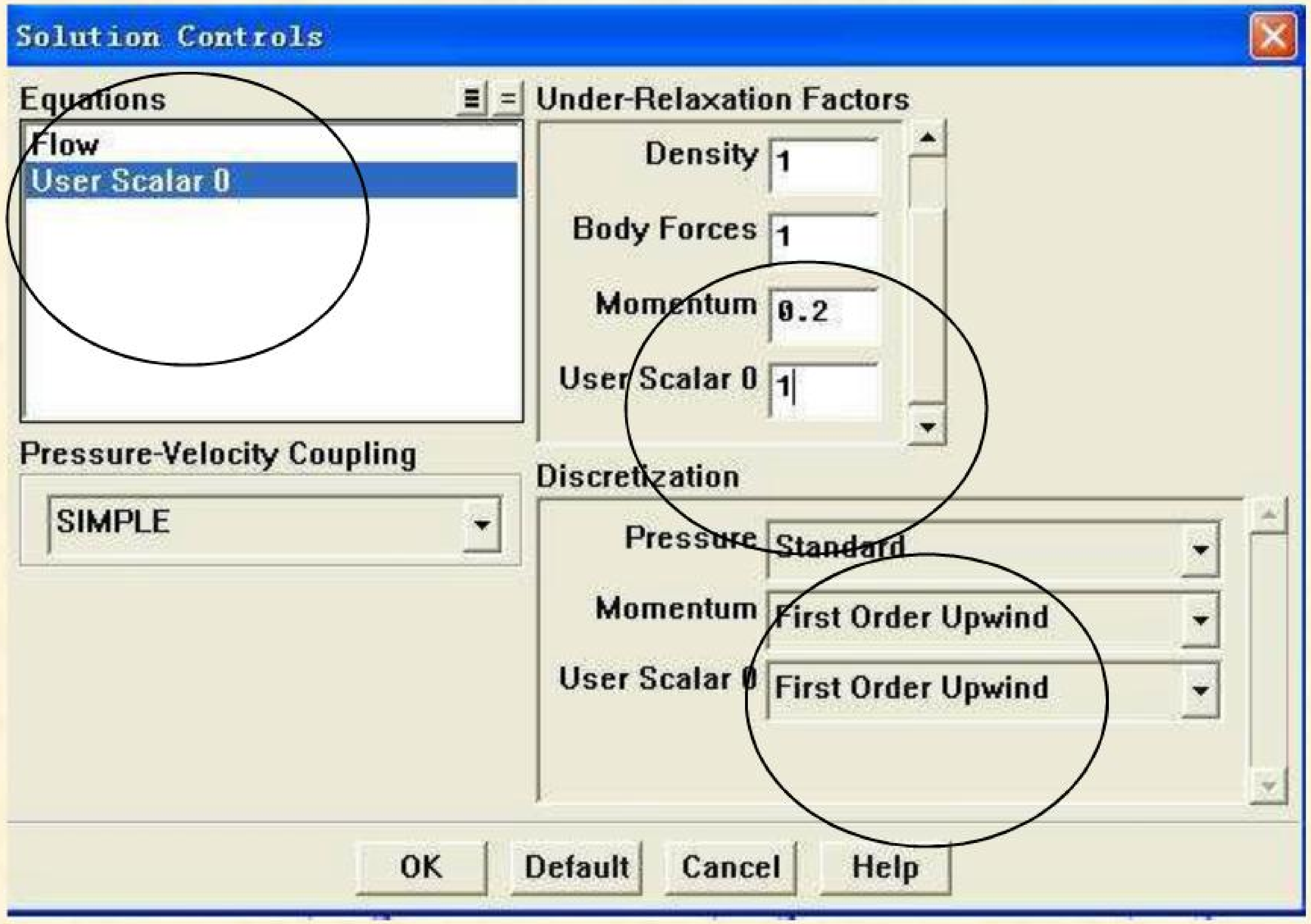


UDS边界——→



十一、 *FLUENT UDS*

4.求解设置



← 求解控制菜单

5.初始化，求解

十二、FLUENT UDF源项

源项的形式：$S_\phi = A + B\phi, \dfrac{\partial S_\phi}{\partial \phi} = B$

对应连续方程、三个方向动量方程及能量等，其中的变量ϕ分别为：**1,Vx,Vy,Vz,T……**

举例说明：**X**方向的动量方程源项

```
/**********************************************************************
   UDF that adds momentum source term and derivative to duct flow
**********************************************************************/

#include "udf.h"

#define CON 20.0

DEFINE_SOURCE(cell_x_source, cell, thread, dS, eqn)
{
  real source;

  if (C_T(cell,thread) <= 288.)
    {
      /* source term */
      source = -CON*C_U(cell,thread);

      /* derivative of source term w.r.t. x-velocity. */
      dS[eqn] = -CON;
    }
  else
    source = dS[eqn] = 0.;

  return source;
}
```

源项：$S_x = -Cv_x$

源项的导数：$\dfrac{\partial S_x}{\partial v_x} = -C$

十三、FLUENT 6.3新功能

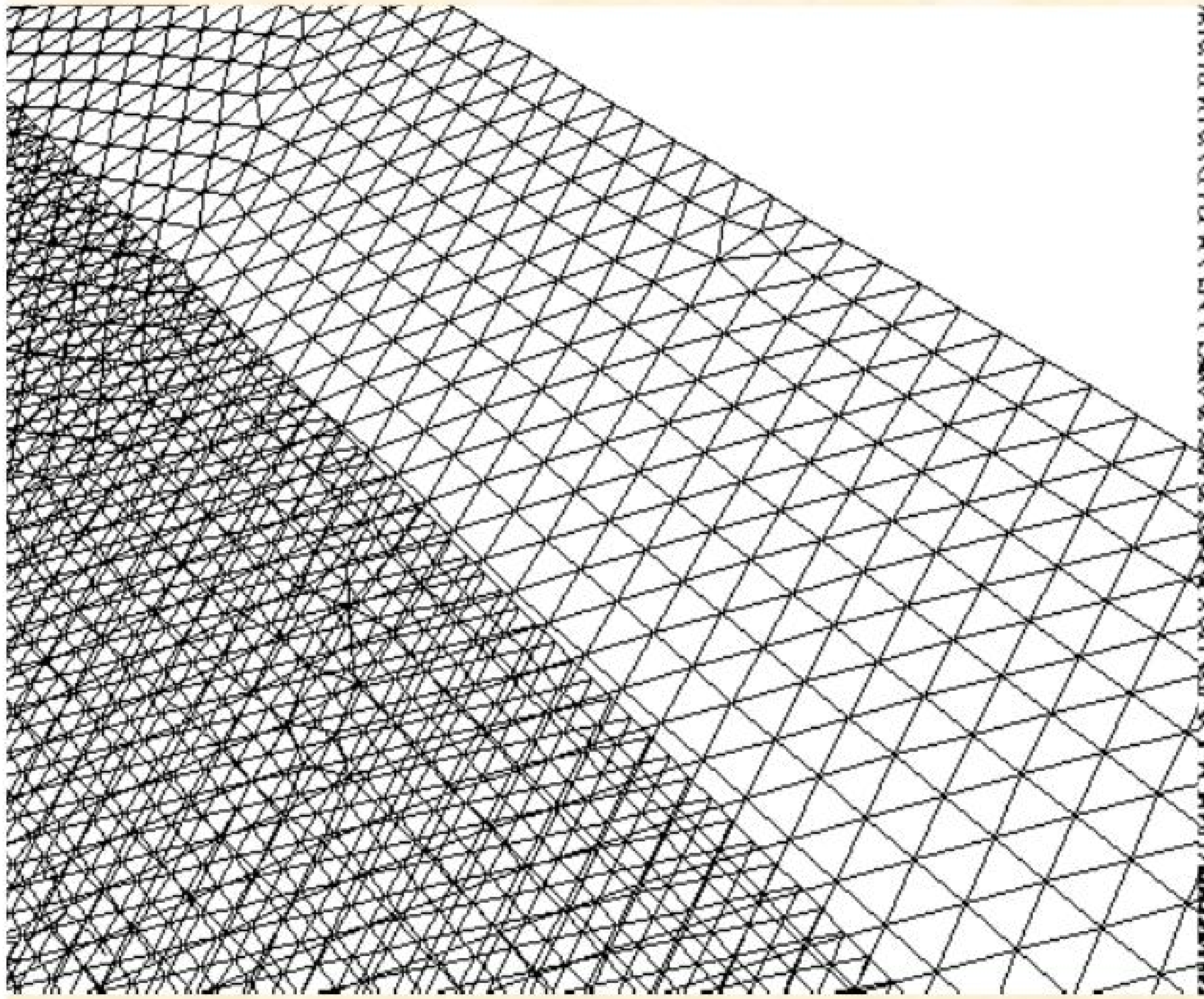
- 多面体网格
- 新数值核心
- **UDF&UDS**增强

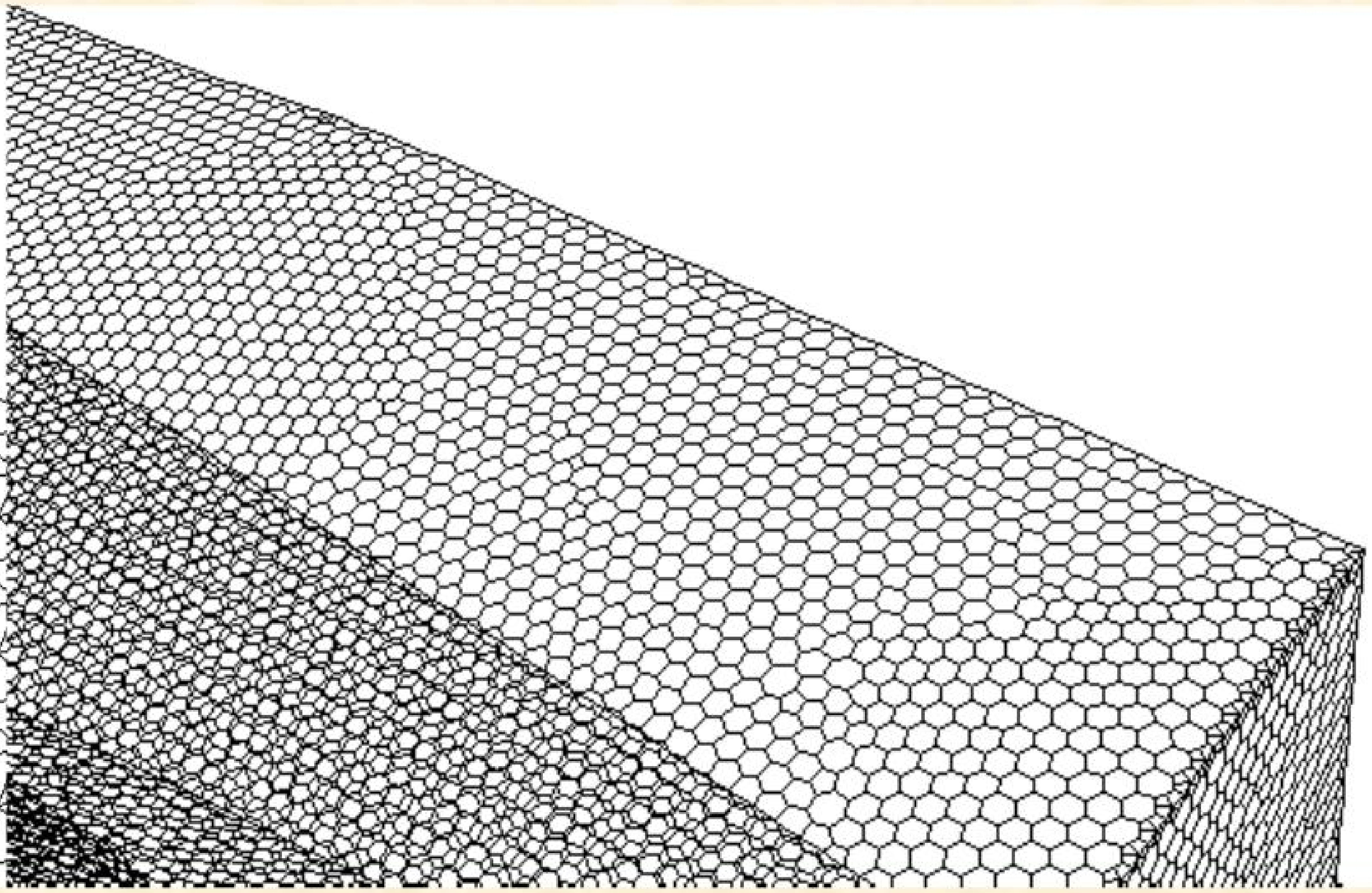
重点讲解

- 动网格功能增强
- 并行计算能力增强
- 湍流模型
- 化学反应流
- 多相流
- 真实气体模型
- 辐射模型
- 附加模型增强（如燃料电池等）
- 详细信息参考王晓博士的报告“***FLUENT 6.3 PRODUCTION PRESENTATION***”,共**100**多项新功能

十三、*FLUENT 6.3*新功能

1.多面体网格功能





转换前　　　　　　　　　　　　　　　　转换后

可以明显的减少网格的数量（**3～5**倍），算量明显减少

十三、*FLUENT 6.3新功能*

1.多面体网格功能

机器：**3.0GCPU 2G**内存
815538 tetrahedral cells, zone 2, binary.

串行**FLUENT**来转换的时候：**Setup conversion to polyhedra.**
Converting domain to polyhedra...

Creating polyhedra zones. → 串行转换失败
Processing face zones.........
Processing cell zones..
Building polyhedra mesh................
Warning: ST_Realloc: out of memory.
Error: Resize_Storage_On_Thread: Out of memory.
Error Object: ()

同样的机器用并行就可以转换：**FLUENT 3D –T2** → 并行转换成功

*经验：如果你串行，内存大了有时也利用不起来，有时候，单**CPU**也要模拟并行来完成一些工作！*

十三、 *FLUENT 6.3*新功能

2.求解器功能的加强

COUPLE --→DENSITY BASE

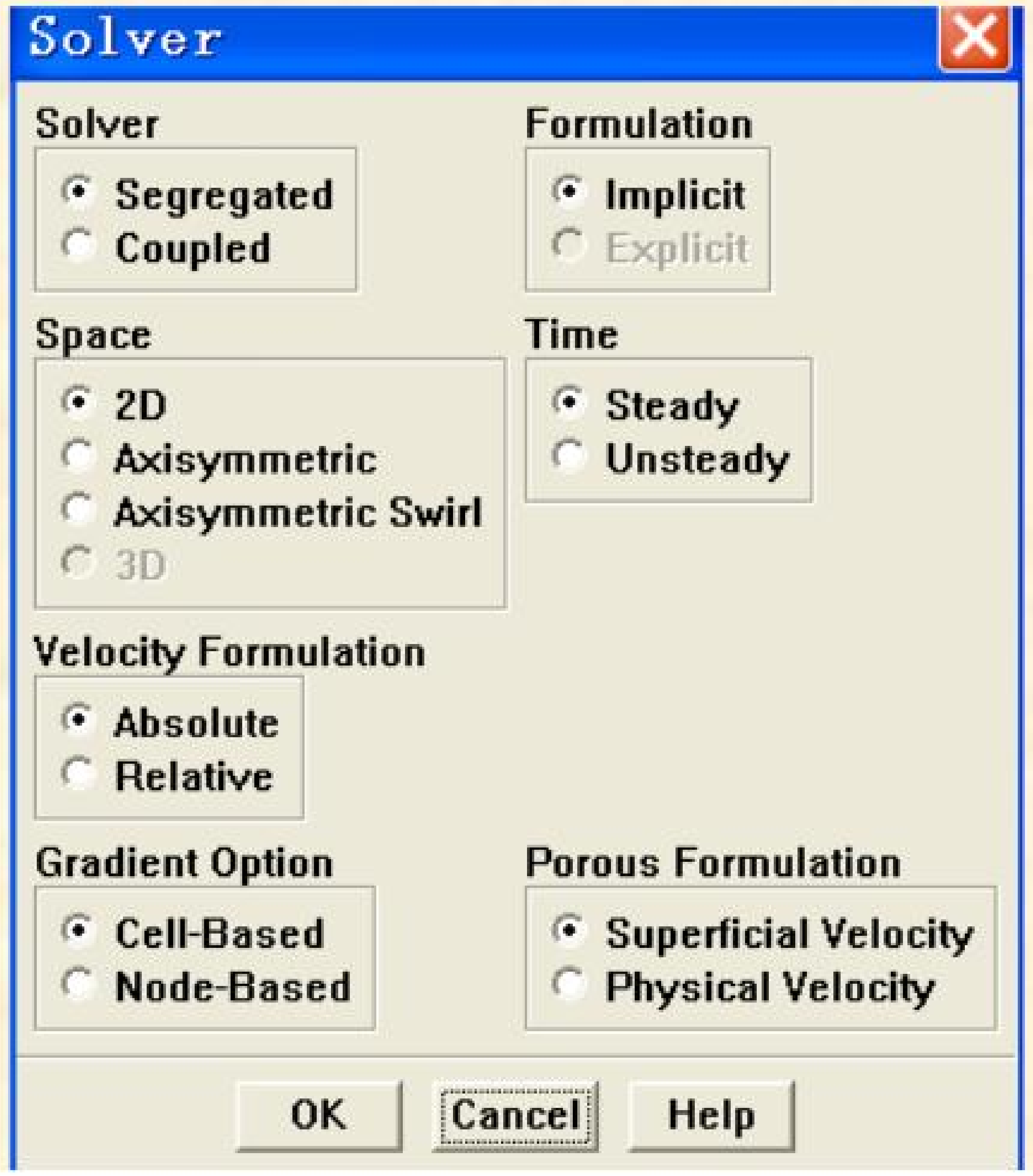
SEGRATED-→PRESSURE BASE

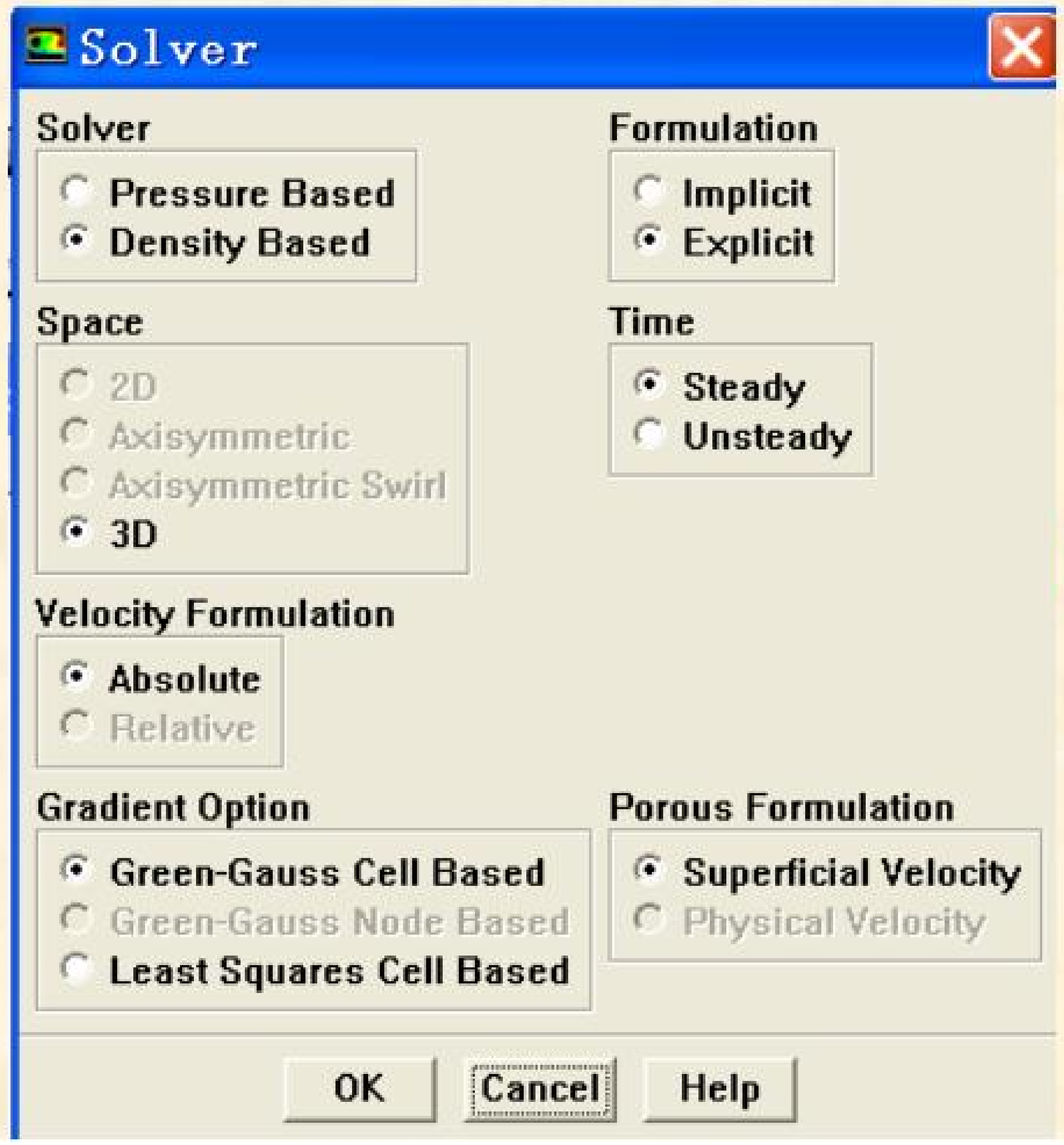
预处理矩阵的引入

Roe FDS,AUSM等通量处理格式的引入

更多的梯度求解方式：最小二乘法求梯度

6.2

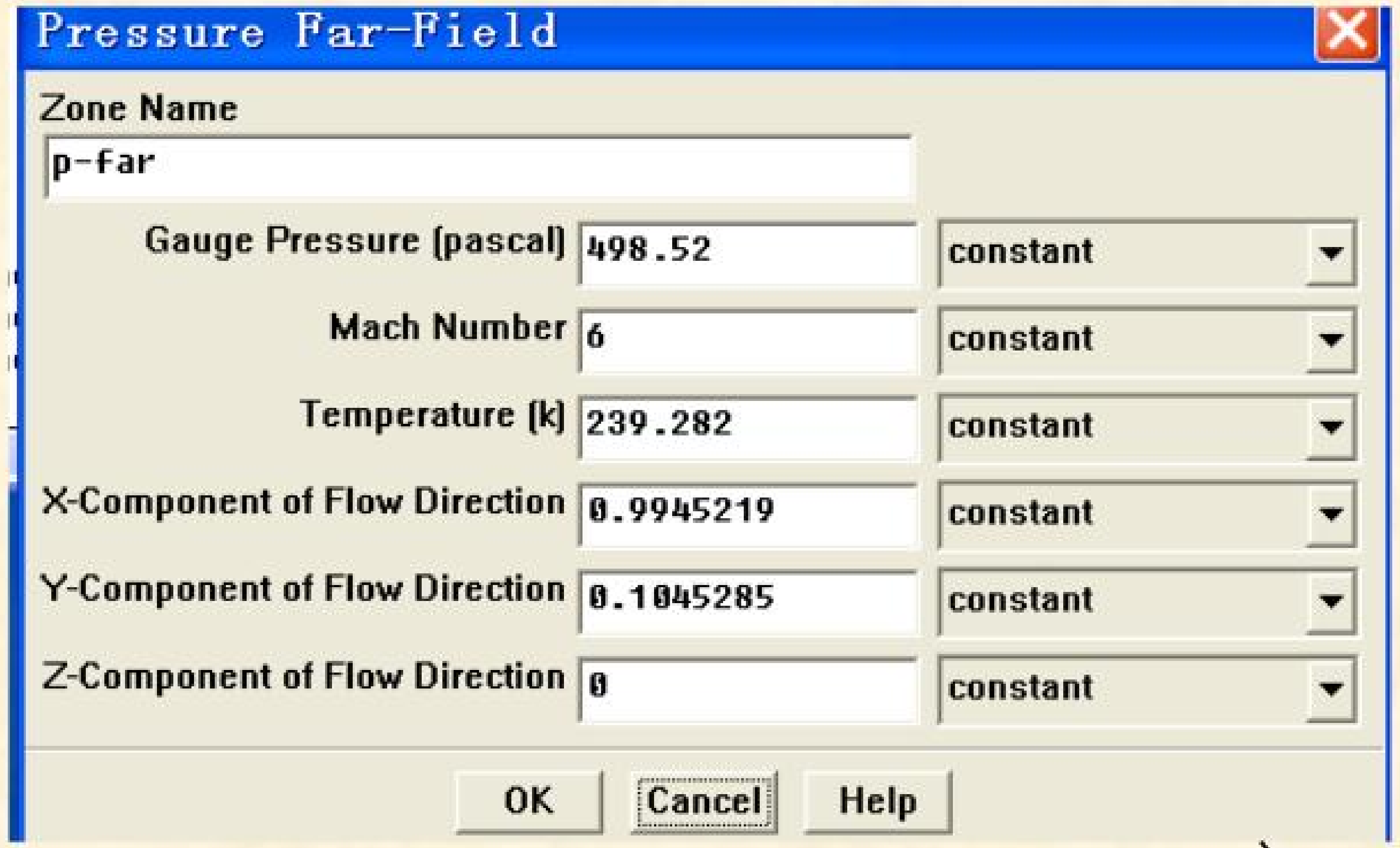




6.3

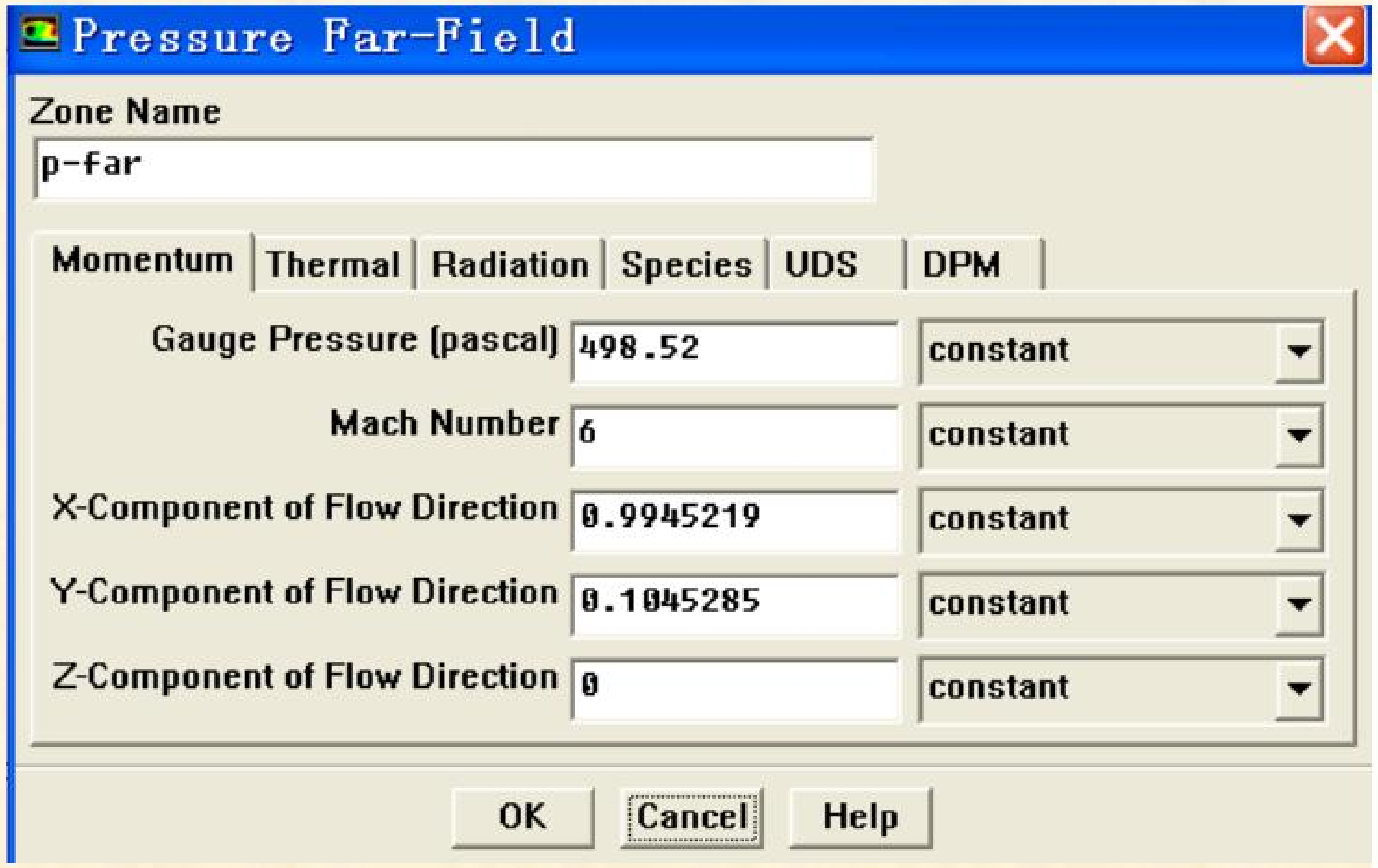
十三、 *FLUENT 6.3*新功能

3.更合理的界面菜单新功能的加强



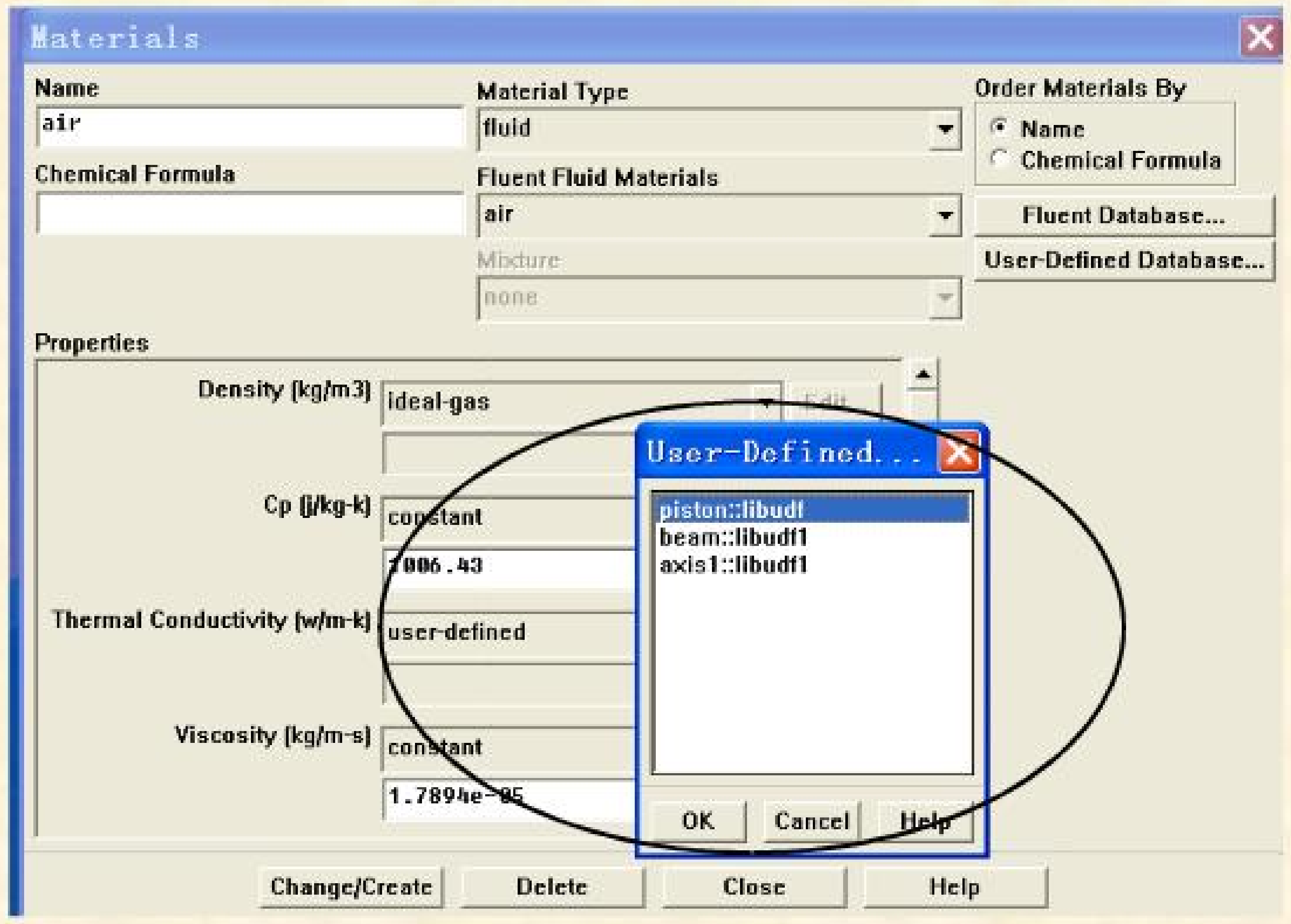
6.2

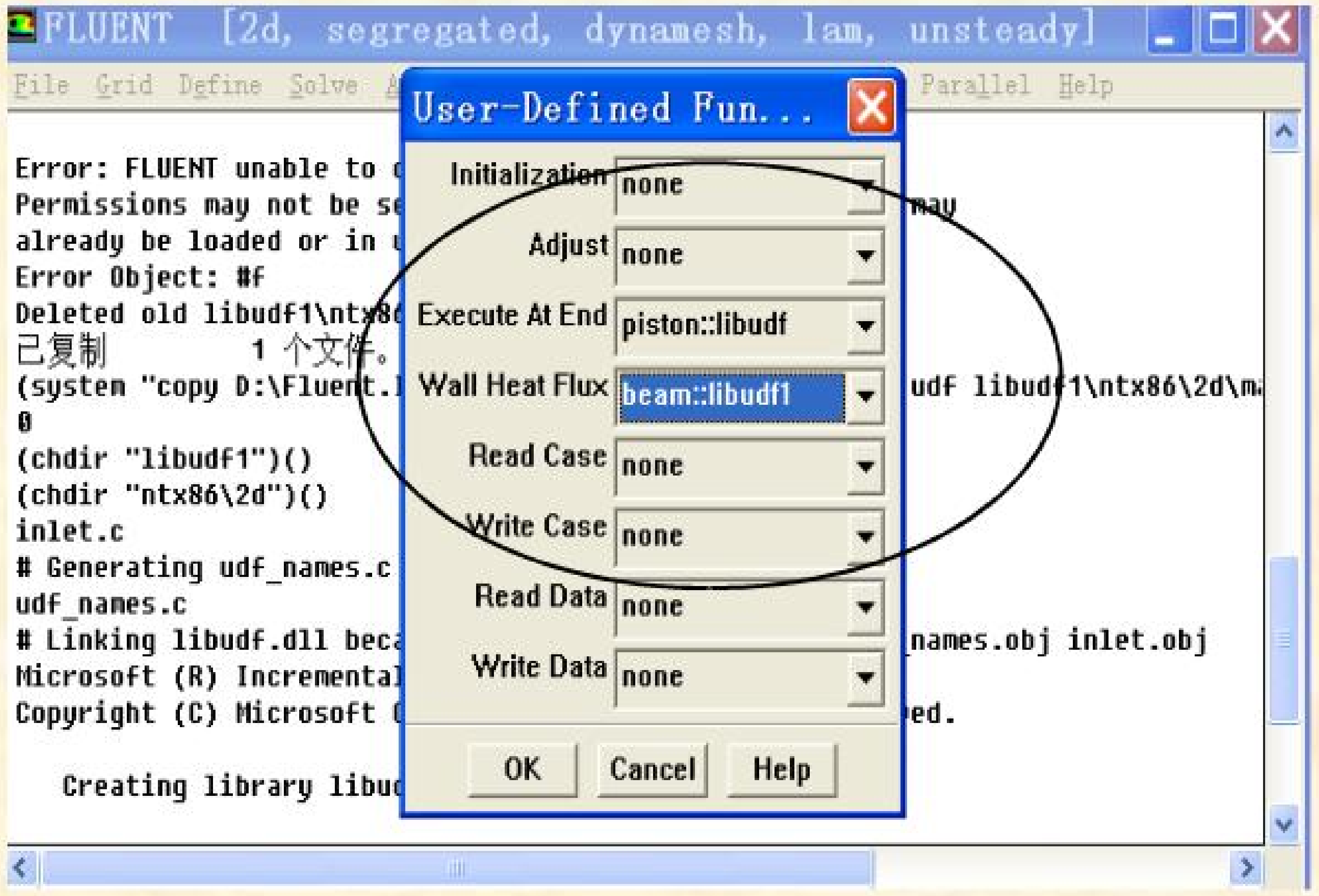
6.3



十三、 *FLUENT 6.3*新功能

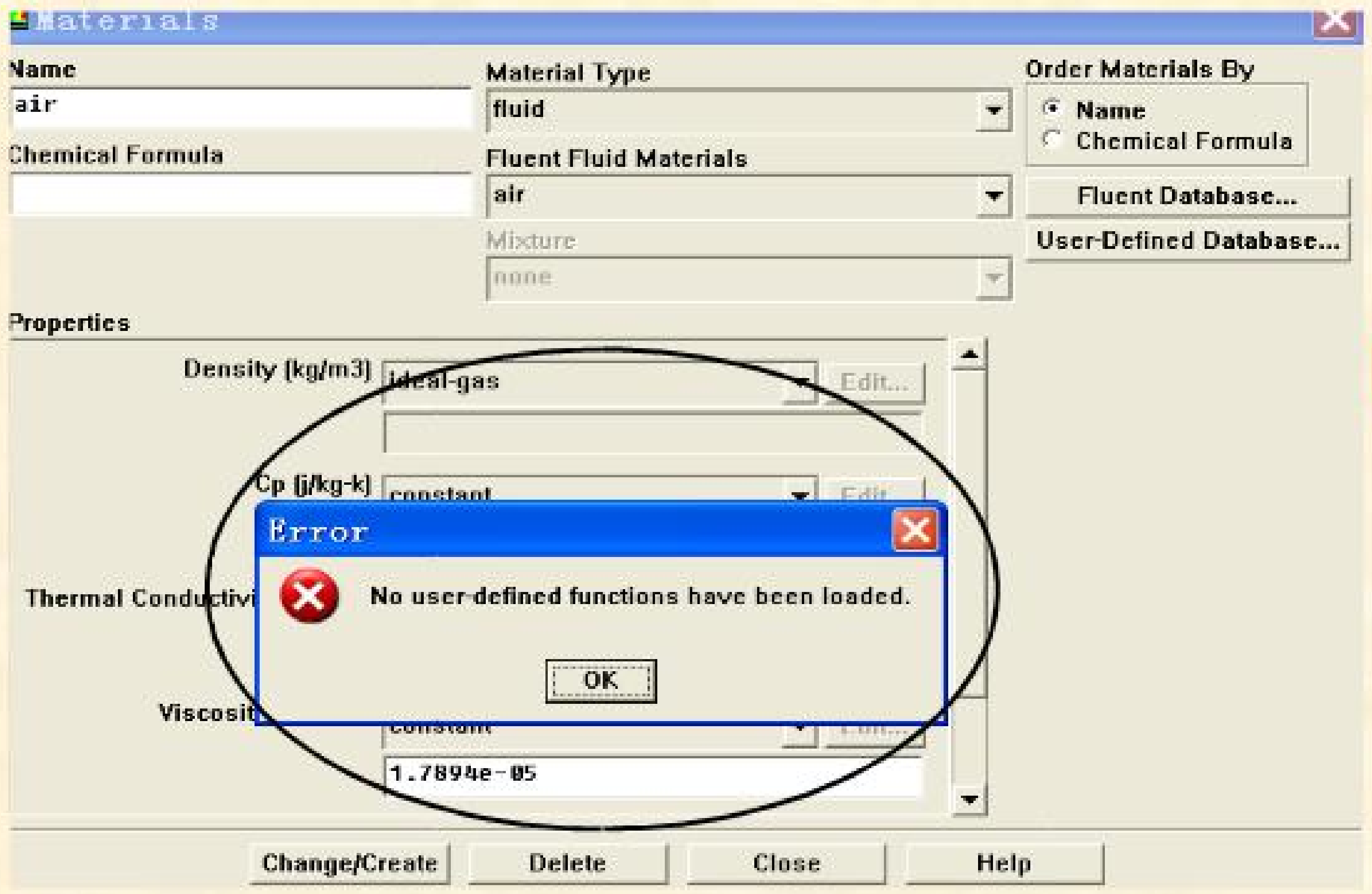
4.更加严格的UDF函数对应关系

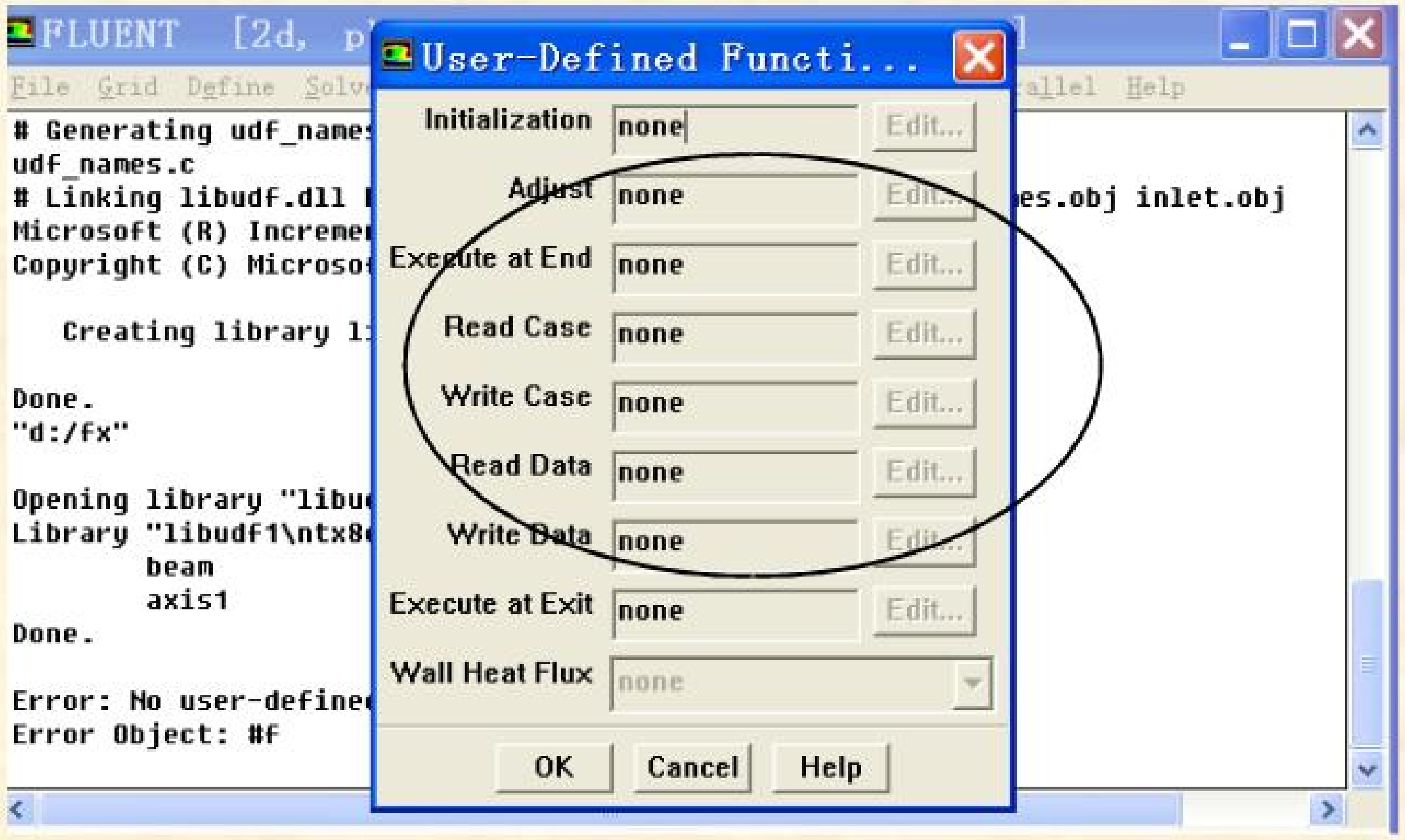




6.2

6.3





十三、 ***FLUENT 6.3***新功能

5.UDF&UDS功能增强

- **Execute at exit UDF**
- 多 个**UDF**同时**HOOK**向一个**HOOK**
- 为每个**UDS**分别指定区域
- 为每个**UDS**分别指定非稳态项和流函数
- 入口和出口的**UDS**扩散系数指定成无效
- 为**UDS**指定各向异性的扩散系数

十四、 总结

……

K帮助是最好的学习方法！ （勤奋）

交流是提高最快的学习方法！ （互动）

问人是最简单的学习办法！ （单向）

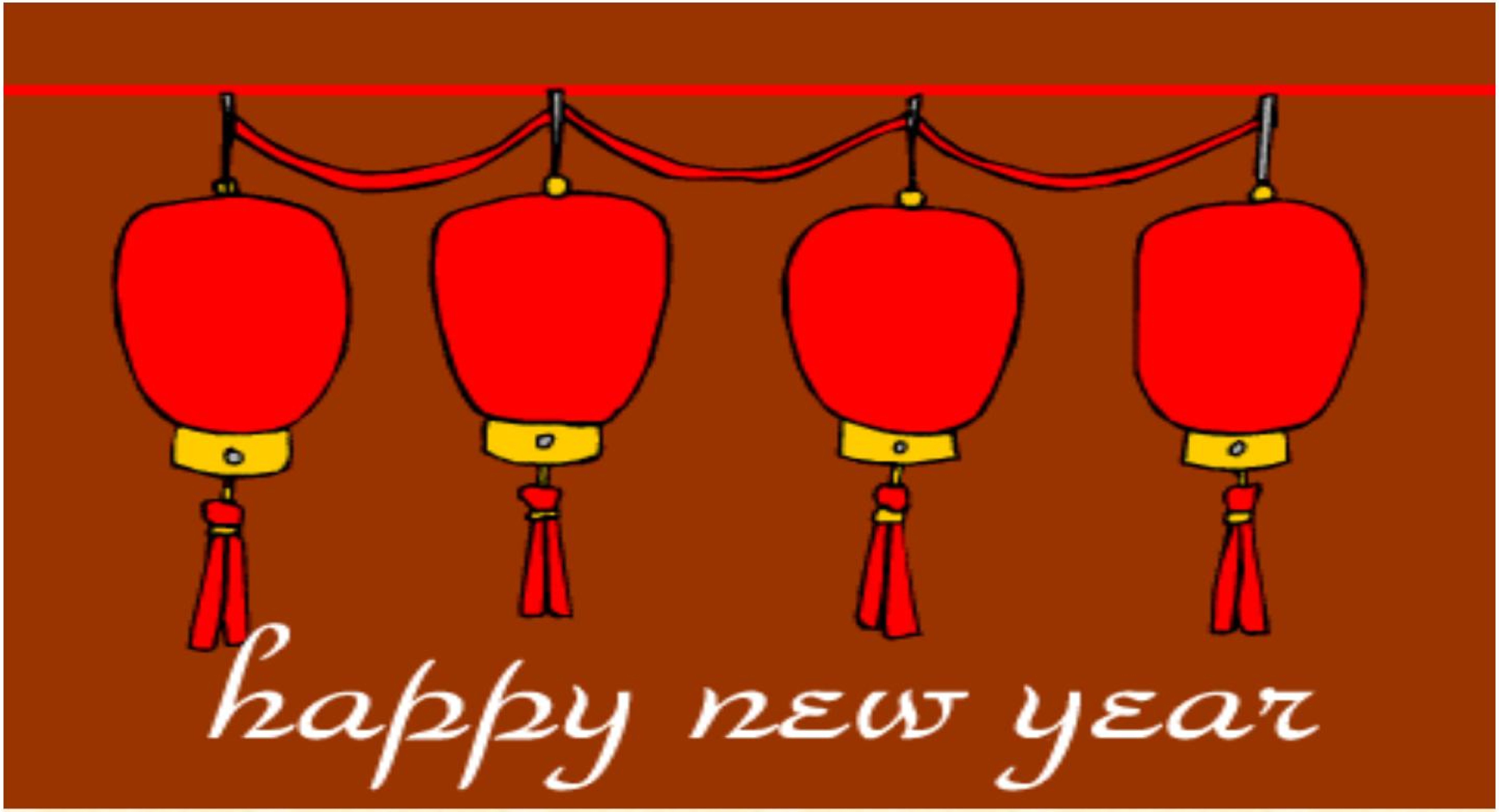
致谢

感谢力学所研办的支持！

感谢力学所研究生会的支持！

感谢王立洋、赵娜同学的帮助！

感谢各位老师和同学的支持！



张杰：
E-MAIL:BITZHANGJIE@SOHU.COM
MOBILE PHONE:13683294549